# الصخر والنهر
# وتقلبات البر والبحر


تأليف

**هيرمان شنايدر**

**نينا شنايدر**



ترجمة

**عبدالفتاح المنياوي**

**أحمد نجيب**

الكتاب: الصخر والنهر وتقلبات البر والبحر

الكاتب: هيرمان شنايدر، نينا شنايدر

ترجمة: عبدالفتاح المنياوي ، أحمد نجيب

الطبعة: ٢٠٢٢

الناشر: وكالة الصحافة العربية ( ناشرون)

٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة - جمهورية مصر العربية

هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥

فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

APA

**http://www. bookapa.com** **E-mail: info@bookapa.com**



دار الكتب المصرية

فهرسة أثناء النشر

شنايدر، هيرمان. شنايدر، نينا

الصخر والنهر وتقلبات البر والبحر/ هيرمان شنايدر، نينا شنايدر.

ترجمة: عبدالفتاح المنياوي، أحمد نجيب

– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.

١٧٧ ص، ١٨*٢١ سم.

الترقيم الدولى: ٧ – ٥٤٨ – ٩٩١ – ٩٧٧– ٩٧٨

أ – العنوان رقم الإيداع : ١٣٨٠٤ / ٢٠٢٢

# الصخر والنهر
# وتقلبات البر والبحر



# الجزء الأول

## اليابس يتفتت

## حجر وورقة شجر

للأرض قصة، تقرأها في الحجر، كما تقرأها في ورقة الشجر ... وتقرأها في السحاب، كما تقرأها على صفحة الماء ... فورقة الشجر كانت حجرا في وقت مضى، والسحاب كان بعض ماء البحر ... والأرض تحكي قصتها، وتعيد روايتها بين آونة وأخرى .. فورقة الشجر سوف تصبح حجرا، وسوف يعود السحاب إلى البحر مرة ثانية ..



وتحدثنا قمم الجبال أنها كانت يوما في قاع البحر، وهناك في أعماق البحار حيوانات مرجانية، تكون الآن أرضا سوف ترتفع يوما من الأيام، فتعلو فوق سطح البحر ....

وتستطيع أن تقرأ قصة الأرض في كل مكان .. فهذه القصة تحكيها الحصاة الصغيرة، كما يحكيها الجبل الكبير .. يحكيها الماء العذب في الغدير، كما تحكيها أمواج المحيط بمائها الملح .. بل إنك أنت أيها القارئ تعتبر جزءا من هذه القصة .. وكذلك البيت الذي تسكنه، والطعام الذي تأكله ..

والأرض تحكي قصتها بأسلوب لا يصعب عليك أن تقرأه ... وعندما تعلم كيف تقرأه ستبدو لك الأرض في صورة جديدة، فتراها كما كانت في الماضي البعيد، وتراها في وضعها الراهن، كما تتخيلها بعد أمد طويل .

## أنهار تصب في البحر

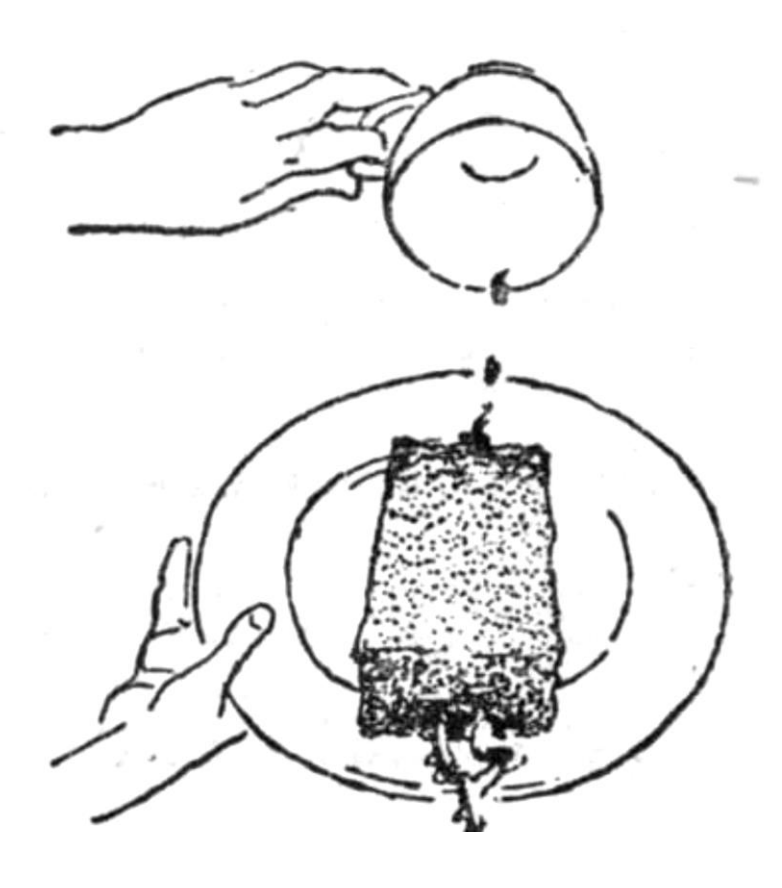
كل جزء من الأرض في تغير دائم، وليس جزء منها ثابتا على حال، فكل جبل، وكل نهير، وكل مستنقع يتغير بين لحظة وأخرى. وبعض هذه التغيرات يجري ببطء يقتضي ملايين من السنين، على حين أن بعضها سريع. وفي النهيرات الجارية والأنهار تحدث التغيرات تحت بصرك. دعنا نلق نظرة على نهر لنرى كيف يعتوره التغير.

إن كل نهر مصدره السحاب، فتتساقط قطرات المطر من السحب المحملة بالمياه والتي تعلو الأرض إلى مدى بعيد. فإذا تساقط المطر على جوانب الجبل فأنت تستطيع أن تشهد منبع نهر جديد. وهناك من الأنهار أنواع كثيرة ... فمنها الكبير والصغير، والمستقيم والمنعطف، والسريع والبطيء، ولكن مهما كان نوع النهر فإنه يبدأ بتساقط الأمطار.

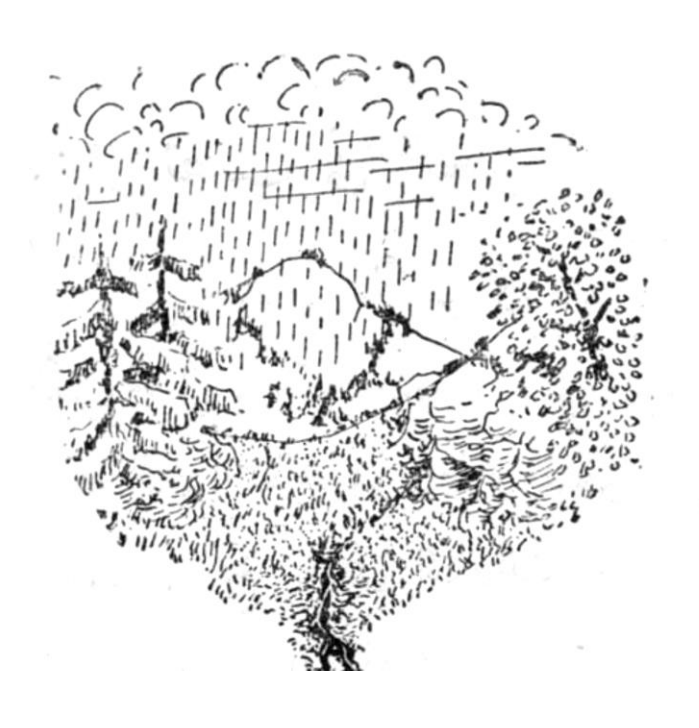
## من الأمطار إلى الأنهار

إذا أردنا أن نرى كيف تصبح الأمطار أنهارا، كان علينا أن نتسلق جبلا، وأن نرقب قطرات المطر وهي تتساقط فوق التربة التي تغطي سفح الجبل، وإنك لا تستطيع أن تفعل هذا في هذه اللحظة، ذلك لأنه يبعد أن تكون الآن فوق سفح الجبال، وأنت تقرأ هذا الكتاب في فصل مطير، ولكنك تستطيع أن تصطنع (عاصفة مطيرة فوق جبل)، فترى ما يحدث

عندما يسقط الماء فوق التربة.



اصنع لنفسك عاصفة مطيرة،



ثم ترقب ما يحدث عندما يسقط المطر فوق سطح الجبل

**تجربة:** ستحتاج إلى فنجان من الماء محل المطر، وقطعة من الإسفنج لتمثل تجربة الجبل الهشة المملوءة بأوراق الأشجار التي عفى عليها الزمن. وستحتاج أيضا إلى طبق من أطباق الطعام ..

**العمل:** أمسك الطبق في وضع مائل فوق حوض المطبخ. وضع الإسفنجة في الطبق، ثم اسكب الماء كله ببطء فوق الطرف العلوي لقطعة الإسفنج، سترى أن قطعة الإسفنج قد تشربت الماء حتى امتلأت به، فإذا تشبعت بالماء، رأيته يتساقط من الطرف الأسفل كأنه مجرى صغير، وهذا هو ما يحدث على وجه التقريب عندما يسقط

المطر على سفوح الجبال. ذلك أن التربة تشرب الماء كما تشربها قطعة الإسفنج، حتى إذا ما تساقطت كمية كافية من الأمطار، أصبحت التربة وكأنها إسفنجة مشبعة بالماء، وهنا ينساب الماء على سفح الجبل في مجرى صغير.

## النهر ينحدر على سفح الجبل

ينساب الماء من التربة الهشة دائما متجها إلى أسفل التل، ويصعب أحيانا تمييز اتجاه الانحدار في الأماكن التي تبدو فيها مسطحة، ولكن الماء يكشف الانحدار مهما كان يسيرا، ثم يجري في اتجاهه.

**تجربة:** ستحتاج إلى قطعة كبيرة من ورق الشمع وطبق كبير أو قصعة من صفيح.

**العمل:** ضع الطبق في الحوض. اطو (كرمش) ورقة الشمع ثم ضعها في الطبق. وضع شيئا صغيرا تحت جانب من حافة الطبق بحيث يميل ميلا بسيطا. اسكب قليلا من الماء فوق ورقة الشمع (وهي تمثل التل أو الجبل)، وانظر أين يذهب الماء، إنك تجد أن الماء ينحدر إلى أسفل مهما كان الانحدار بسيطا.



ينساب الماء على سطح الورق



كما ينساب على سفح الجبل تماما

وبنفس الطريقة، يتخذ سيل الماء فوق الجبل طريقه إلى أسفل، ثم ينضم إلى غيره من السيول. وتكون كل مجموعة من هذه السيول مجرى ينحدر على سفح الجبل؛ وهذا المجرى ينضم إلى الجداول الأخرى التي تسيل من أماكن أخرى في الجبل، ثم تتجمع هذه الجداول كلها أن تتدفق مجتمعة في مجرى كبير يسمى النهر.

## النهر يستمر في الجريان

ولكن هناك أنهارا كثيرة تستمر في الجريان على الدوام، حتى ولو لم تكن هناك أمطار. فمن أين تأتي مياه النهر في الوقت الذي لا تسقط فيه أمطار؟



إليك طريقة تعرف بها الإجابة عن هذا السؤال:

**تجربة:** ستحتاج إلى نفس الطبق، وإلى قطعة الإسفنج، كما تحتاج إلى إناء مملوء بالماء.

**العمل:** أمسك بالطبق وقطعة الإسفنج في وضع مائل فوق الحوض.

صب ماء فوق قطعة الإسفنج بحيث يكفي لملئها، دون أن يسيل منها

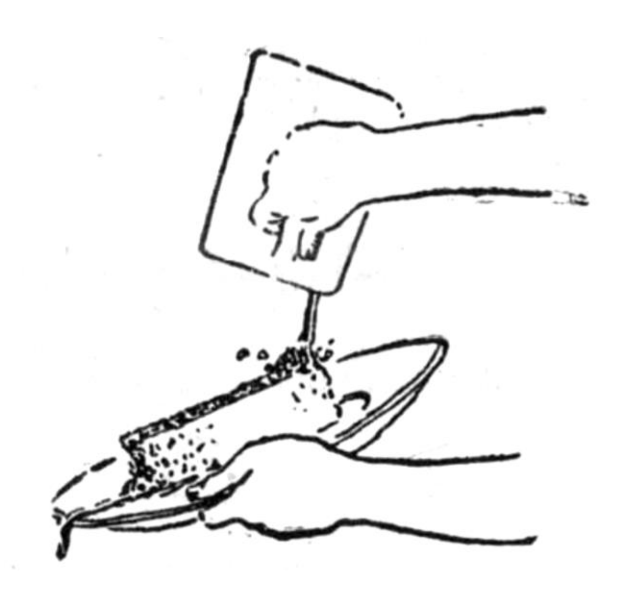
إلا النزر اليسير، أو لا يسيل منها شيء على الإطلاق.

والآن. صب عليها كمية كبيرة من الماء دفعة واحدة، وشاهد ما يحدث، سوف تجد أن الماء الزائد يسيل من الطرف الأسفل لقطعة الإسفنج، ولكنه سيخرج من نهايتها أيضا أبطأ مما دخل منها. فتشاهد مثلا أنه بينما استغرق صب الماء فوق قطعة الإسفنج لحظة واحدة، استمر انسيابه من طرفها الآخر بضع دقائق.

ذلك أن قطعة الإسفنج تستطيع أن تتشرب سريعا كمية كبيرة من الماء، ثم تخرجه ببطء لمدى فترى أطول بكثير.



تشرب التربة الماء سريعا،



ولكن هذه المياه تسيل من التربة ببطء

وبنفس الطريقة تتمكن التربة الهشة التي على سفح الجبل من أن تتشرب الماء، فالماء ينهمر في فصل المطر، وفي الفصول المطيرة يسقط الماء وتشربه التربة، وكذلك تذوب الثلوج، فتتشرب التربة الماء[1] والتربة تشرب كل هذه المياه كأنها قطعة هائلة من الإسفنج.

فإذا ما حل فصل الجفاف استمرت هذه المياه تسيل من التربة الهشة وتنحدر على سفح الجبل، وهذا هو السبب في جريان الأنهار والنهيرات بصفة دائمة مستمرة حتى بعد امتناع نزول الأمطار.

ولا شك أن التربة لا تستطيع أن تتشرب من الماء كمية لا حد لها.

(١) لا تشاهد هذه الظاهرة في مصر، ولكنها موجودة في البلاد الباردة حيث توجد الثلوج فوق قمم الجبال شتاء، ثم تذوب في الربيع، وقد يسبب ذوبانها فيضان الأنهار.

وتتوقف كمية الماء التي تشربها التربة على نوع هذه التربة وطبيعتها.

فإذا كانت التربة عميقة وهشة، كانت دائما مليئة بالماء الذي تشربه من الأمطار والثلوج الذائبة. ولكن إذ انقطع المطر فترة طويلة من الزمن ندر أن يتبقى في التربة أية كمية من الماء لتنساب منها. وهذا هو سبب جفاف بعض النهيرات والأنهار إذا طال فصل الجفاف.

## تغيرات مع فصول السنة

فصول السنة بعضها جاف وبعضها مطير، وتختلف كمية الماء في النهر مع كل تغير في كمية المياه الناتجة من الأمطار، والثلوج الذائبة فوق قمم الجبال.

ففي فصل الربيع تنهمر الأمطار، وتذوب الثلوج فيتدفق منها ماء غزير على سفوح الجبال[٢]. وبذلك تتدافع المياه في تلك السيول والجداول منحدرة إلى أسفل وتقذف بمياهها في النهر، وكل هذه المياه تجعل النهر يندفع قويا عميقا، فتأكل أجزاء من شاطئيه، ويدفع أمامه الصخور الكبيرة كما لو كانت قطعا صغيرة من الأحجار، وكلما زادت الأمطار، زادت كمية الماء في مجرى النهر، ويحدث في بعض الأحيان أن يحفر النهر الأرض حول الأشجار العالية فتتهاوى في مجراه، ومن ثم يجرفها معه فتتخبط بين شاطئيه وتساعده في حفر التربة وتعميق مجراه. ويفيض الماء على ضفتي النهر في الأماكن المستوية الواطئة، أما تلك المياه الزائدة التي يتزود بها

(٢) هذا في البلاد التي تتساقط فيها الأمطار في الربيع فيحصل الفيضان، أو في البلاد التي تعتمد أنهارها في الفيضان على ذوبان الثلوج.

النهر من الجبال فإنها تفيض على جانبيه، فتغمر الحقول والطرقات، كما تكسوها بطبقة من الرمل والطمي



تستقر على تلك الحقول والطرقات بعيدا عن مجرى النهر، فإذا ما انخفض منسوب الفيضان حملت المياه معها الأزهار وأوراق الأشجار وغيرها من مخلفات التربة وجرفتها معها في طريقها.

وهناك تغيرات تطرأ على النهر أيضا في فصل الجفاف، فينخفض منسوب الماء فيه، وتبطؤ سرعة تياره وتقل المياه في التربة الهشة من الجبل فينقص مقدار الماء الذي ينساب منها.

وتنحدر الجداول بطيئة متثاقلة على سفوح الجبال؛ وتكف المياه عن حركتها العنيفة، فلا تمزق شمل التربة. ويتخلف الماء في بعض الأماكن مكونا حفرا تمتلئ بالمياه الراكدة الموحلة .. وتصبح هذه الحفر ضحلة قليلة الغور، فينمو النبات الأخضر في هذه الأماكن الهادئة وتختبئ الضفادع في أغوارها الموحلة. كما تبدو للعيان جذور الأشجار على ضفتي النهر في التربة الجافة. ويظهر الجفاف في كل مكان. وهكذا يتغير النهر بتغير الفصول.



## تغيرات أخرى

ويتغير النهر أيضا من لحظة إلى أخرى. ففي أثناء جريانه يجرف أشياء كثيرة ويحملها معه، ولهذا لا يظل النهر على حال واحدة دواما.

وإذا أردت أن تدرك كل ما يصيب النهر من تغيرات، كان عليك أن ترتدي ملابس غواص، وتهبط في الماء لترتاد قاع النهر وجوانبه أميالا عديدة، وهناك وسيلة تستطيع بها الوقوف على هذه التغيرات دون أن تحمل نفسك هذا العناء.

**تجربة:** ستحتاج إلى قطعة من الورق المقوى مثل الحرف (U)، كما تحتاج إلى كمية من الرمل الخشن فيه قطع من الأحجار الصغيرة والحصى مثل الرمل الذي يستعمله البناؤون، وإلى إناء كبير من الماء وطبق كبير.

**العمل:** املأ قطعة الورق المقوي التي تشبه الحرف (U) بالرمل الخشن، وضعها في وضع مائل فوق الطبق الكبير، ثم صب الماء قليلا قليلا فوق الرمل من الطرف العلوي.




يجرف تيار الماء في طريقه أشياء كثيرة

وسوف ترى أن الماء يسيل إلى أسفل ببطء، ويحمل معه إلى الطبق ذرات رفيعة من الرمل، أما قطع الحصى الكبيرة الحجم الثقيلة الوزن فإنها تتخلف. ثم اسكب بعد ذلك كمية كبيرة من الماء دفعة واحدة بحيث يتكون عندك تيار سريع من الماء، سووف تجد أن الرمال والأحجار الصغيرة على السواء قد أزيحت من قطعة الورق المقوى واستقرت في الطبق.

من هذه التجربة تستطيع أن تدرك أن الماء عندما يتحرك معه أشياء كثيرة، فإذا كانت حركته بطيئة حمل الأشياء الصغيرة الخفيفة مثل حبات الرمل، أما إذا كانت حركته سريعة، استطاع أن يحمل أشياء ثقيلة الوزن كالحصى.

## ما يحمله النهر معه

يتغير النهر باستمرار، لأنه يحمل معه أثناء جريانه أشياء كثيرة متنوعة،

فإذا كانت حركة الماء بطيئة حمل النهر معه قطعا صغيرة خفيفة من الرمل والتربة وأوراق الأشجار والحشائش والحبوب، وتستطيع المياه سريعة الجريان أن تجرف معها أشياء أكبر وأثقل، وهذه هي مهمة النهر التي يقوم بها دائما.

ولكن ماذا يصنع بكل هذه الأشياء؟ أيكتفي بحملها معه، أن أنها ترسب في قاعه؟

إليك طريقة تعرف بها الإجابة عن هذا السؤال:

**تجربة:** ستحتاج إلى قليل من التربة التي تحتوي على رمل وحصى. كما تحتاج إلى إناء زجاجي له غطاء(٣)، وإلى كمية من الماء.

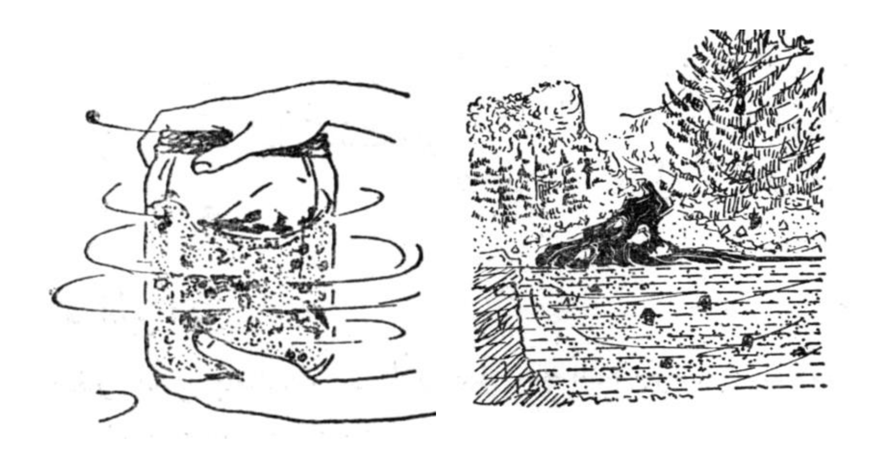
(احتفظ بهذه الأدوات بعد الانتهاء من هذه التجربة، لأنك ستحتاج إليها في تجارب أخرى فيما بعد).

**العمل:** ضع التربة في الإناء الزجاجي، وأضف ماء يكاد يملأ الإناء، وأحكم الغطاء فوق الإناء. رج الإناء بقوة بحيث يتحرك الماء حركة سريعة. ماذا ترى؟

سترى التربة تدور مع الماء عندما يتحرك بسرعة، فلا يستقر في قاع الإناء شيء منها.

---

(٣) مثل بطرمان المربة.



كلما زادت سرعة التيار، زاد مقدار ما يجرفه أمامه من مواد

## فوق الجبال شديدة الانحدار

تتدفق المياه بسرعة عظيمة على سفوح الجبال الشديدة الانحدار، فلا يستقر شيء في هذا الجزء من مجرى النهر، كما شاهدت في تجربة الإناء السابقة. ولا يتخلف فيه شيء من الرمل أو التربة. لأن المياه السريعة تجرف أمامها ما تصادفه من مواد وأجسام. حتى الصخور الثقيلة، تدحرجها من الجبل إلى قاع النهر. وتندفع المياه في المجرى سريعة صاخبة



بين الصخور الكبيرة، وتحتك الأحجار الصغيرة والحصى الذي في الماء بقاع النهر، فيزيد عمقه على الدوام. وتتكون مساقط مائية جميلة، وشلالات في الأماكن التي يتدفق الماء فيها من فوق تلك الصخور الضخمة. وعندما تصطدم المياه بقاع النهر —مع ما تحمله من الصخور والأحجار — تحفر أحواضا عميقة وتجرف ما فيها من الرمال، وهذه الأماكن تصلح للسباحة وصيد السمك.

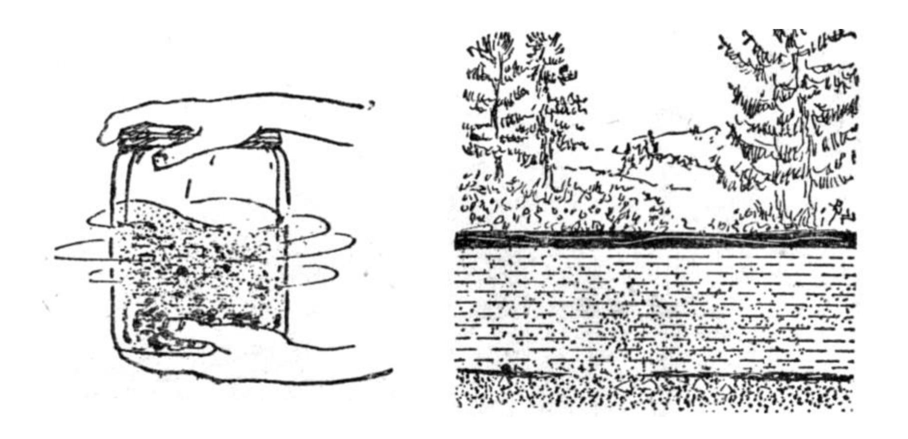
وحول هذه المساقط يتناثر الماء، وينتشر الرذاذ فيجعل الهواء رطبا نديا، ولعل هذا الجزء من النهر هو أكثر أجزائه سحرا وجمالا.

## في الأماكن قليلة الانحدار

عندما يجري النهر في أرض قليلة الانحدار، تقل سرعته، ولكي تدرك ما يحدث أجر هذه التجربة:

**تجربة:** رج الإناء بسرعة كما فعلت في المرة السابقة، ثم هدئ من هذه

السرعة قليلا، وراقب ما يحدث. فإذا انتهيت من مشاهدتك هذه، فضع الإناء ودع الماء يكف عن الحركة تماما إلى حين موعد التجربة التالية.

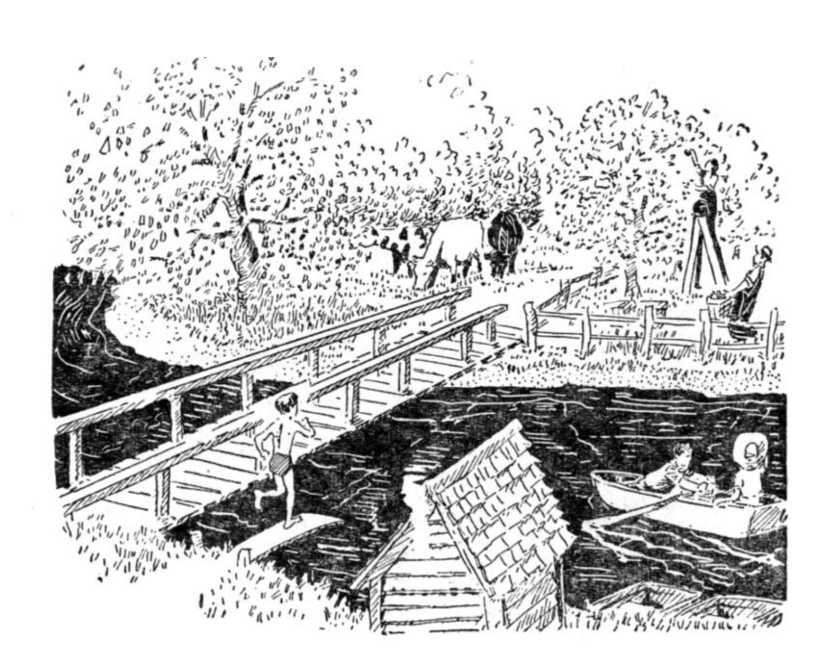


كلما هدأت سرعة جريان النهر، نقص مقدار ما يحمله معه من تلك المواد

عندما تقل سرعة الماء ترى أن الأجسام الثقيلة كالأحجار الصغيرة والحصى قد استقرت في قاع الإناء. بينما يظل الرمل والتربة الناعمة عالقة في الماء.

وعندما تهدأ سرعة جريان النهر تهدأ – تبعا لذلك – سرعة ما يحمله من حصى وحجارة، وترسب الأحجار الثقيلة في قاع النهر. ولا يستطيع النهر في هذه الحالة أن يجرف أمامه الصخور الضخمة، فمن ثم تتوقف عن الاندفاع والحركة. فإذا ما استقرت هذه الأشياء الثقيلة في قاع النهر، ارتفع قاعه تدريجيا، فانساب فيه الماء هادئا رقراقا، وأصبح النهر ضحلا شيئا

فشيئا، واتسع مجراه ... وانتشرت الحقول والمزارع حول هذا الجزء من النهر، لأن الماء يتسرب خلال ضفتي النهر، ويرطب الأراضي المجاورة.



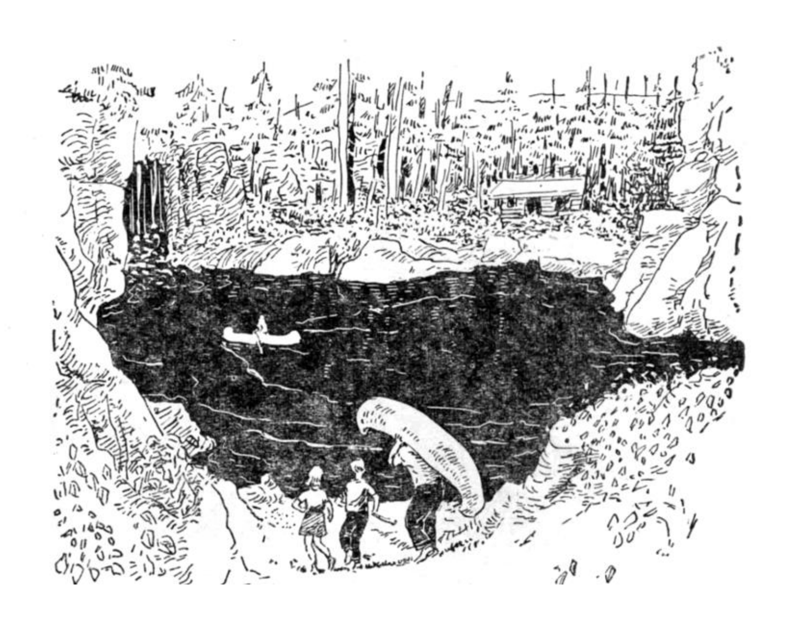
## خلال الفجوات

يصل النهر أحيانا إلى فجوة مستديرة، فتجري المياه فيها وتملؤها، وهكذا تتكون بحيرة، وقد لا يخطر ببالك أن البحيرة الهادئة إنما هي جزء من النهر الذي يأخذ طريقه صوب البحر.

ولكن أغلب البحيرات هي فجوات عميقة متسعة من هذا النوع، يغذيها نهر من أحد طرفيها، وينساب الماء من طرفها الآخر.

وقد علمت من تجاربك أن الماء يرسب معظم ما يحمله من تربة ورمال

عندما يتحرك حركة بطيئة. وفي البحيرة تكون حركة الماء بطيئة غاية البطء، ولهذا يكون قاعها مغطى بالرمال أو الطمي الذي يحمله إليها النهر من المرتفعات.



وعلى مر الزمن يمتلئ قاع البحيرة بهذه الذرات والرواسب الدقيقة. ومن ثم تصبح البحيرة ضحلة شيئا فشيئا بالتدريج كلما طال عليها الأمد.



وعندما تخرج المياه من البحيرة تكون نهرا مرة أخرى، فإذا كانت

الأرض شديدة الانحدار اندفع النهر في طريقه صوب البحر حاملا معه أشياء كثيرة.

أما إذا كانت الأرض أكثر استواء، وأقل انحدارا، سار النهر هادئا بطيئا. وقد يلتقي في طريقه بأنهار أخرى، فيكون نهرا كبيرا ذا روافد عديدة، مثل نهر "المسيسبي"، أو نهر "الأمازون" الذي يبلغ طول مجراه آلاف الأميال.

ولكل نهر نهاية سواء أكان هذا النهر كبيرا أم صغيرا، سريعا أم بطيئا. أما الطريقة التي تنتهي بها هذه الأنهار فواحدة لا تتغير، ذلك أنها جميعا تنتهي في المحيط أو البحر.

## في الأرض المستوية

وإذا نظرت الآن إلى الإناء مرة ثانية، فسوف تجد أن الماء كلما أبطأ في حركته زادت كمية الرواسب في قاعه، وكلما هدأت حركة الماء، زادت كمية الأجسام التي ترسب في قاعه ...

وبالطريقة نفسها، عندما يجري النهر خلال أرض مستوية، ينساب ببطء وهدوء، ويرسب كثير من المواد الخفيفة التي كان يحملها، ولذلك نجد قاع النهر في هذا المكان رمليا أو طينيا؛ وتصبح المياه أكثر صفاء.



وحيث تترسب هذه المواد الدقيقة بصفة دائمة مستمرة يمتلئ قاع النهر رويدا رويدا ببطء شديد، ويقل عمق النهر، وهنا أيضا يجري النهر ببطء، كما يفقد القدرة على شق القنوات العميقة. بل إنه يتجنب ما يصادفه من مرتفعات، ويسلك المنحدرات التي يجدها في طريقه.

وعلى ضفتي هذا النهر الشارد ينمو الزنبق والنباتات البرية. وتحدها من أسفل أشجار الحور والصفصاف.

وتنال الحقول قسطا وافرا من الري والخضرة البهيجة، وتنعم الأرض بظلال وارفة من الهدوء والسكينة.

## نهاية المطاف -مصب النهر

رأيت أن المياه بطيئة الحركة ترسب ما كانت تحمله من الطين والرمال، ويحدث هذا عندما يستوي مجرى النهر بعد انحدار، كما يحدث أيضا عندما يصادف النهر بحيرة يمر بها في طريقه، كما يحدث مرة أخرى عندما يصل النهر إلى أوسع مكان يقابله ... ألا وهو المحيط أو البحر.

وفي هذا المكان الأخير، حيث يتقابل النهر بالمحيط، يستقر في قاعه معظم ما يتبقى من مواد وأجسام. وهكذا ترى أن هذه التربة وتلك الرمال التي يجلبها النهر معه من المرتفعات والجبال سنة بعد أخرى تترسب عند مصب النهر، وتستقر هناك. ومن ثم يرتفع قاع النهر عند هذا المصب، ويصبح النهر ضحلا قليل الغور.

ويهتم الناس الذين يعيشون ويعملون حول مصب النهر، بتلك الظاهرة التي تتمثل في ارتفاع قاع النهر عند المصب، ذلك أن مصب النهر

قد يصلح ميناء هاما تأوي إليه السفن الكبيرة، وهي تحمل الناس والبضائع، وبذلك يصبح مصدر حركة دائبة. ولما كان من الضروري أن يظل الميناء عميقا بعيد الغور، وجب أن يطهر قاع النهر مما يترسب فيه من تربة ورمال بين آونة وأخرى.

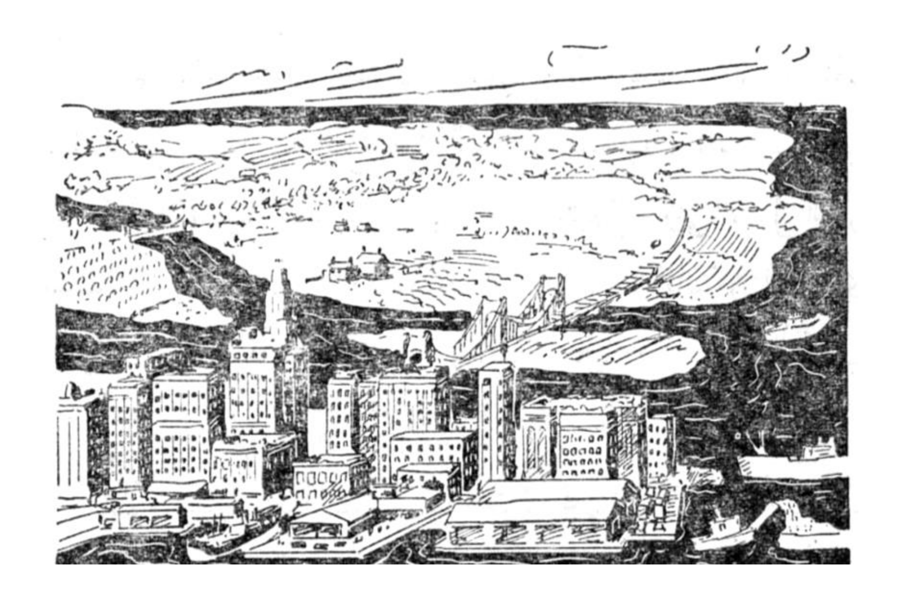
وتقوم بهذه العمليات "كراكات" مجهزة بآلات، تجرف ما تصادفه في قاع النهر، ثم تحمل هذه المواد المستخرجة من باطن النهر في صنادل ويلقي بها بعيدا في جوف المحيط.

على أن امتلاء مصب النهر لا يخلو من فائدة، ذلك لأن ما يحمله النهر من رمال وتربة يتجمع قليلا قليلا، حتى يخلق أرضا جديدة عند المصب تسمى الدلتا. وتستمر هذه الدلتا في النمو والاتساع كلما جلب النهر من منابعه العليا كميات جديدة من تلك الرواسب، ومعنى هذا خلف تربة صالحة للزراعة كانت فيما مضى قاعا للنهر.

وهذا ما حدث عند مصب نهر "المسيسبي" منذ آلاف السنين(٤). فلقد استطاع النهر أن يخلق آلاف الأفدنة من التربة الصالحة للزراعة، كانت في وقت من الأوقات قاعا للنهر، وما زالت دلتاه مستمرة في النمو. فلو أن بيتا بنيناه على شاطئ دلتا النهر؛ لأصبح بعد عدد من السنين بعيدا عن الماء مسافة قد تطول أو تقتصر .. ومن ثم يصعب أن نرسم خريطة دقيقة لدلتا نهر من الأنهار، ذلك لأن الأرض في نمو مستمر، وهذا التغير والنمو سببه انسياب النهر في أهدأ جزء من رحلته.

---

(٤) ولعلك تدرك أيها القارئ أن دلتا النيل قد تكونت بهذه الطريقة.



مدينة شادها الإنسان، على دلتا كونها النهر

## انتقال التربة

عندما يكون النهر دلتا، يستعير لهذا العمل مواد مختلفة، فتربة الدلتا تأتي من التلال والحقول التي يخترقها النهر، إذ تجرفها مياه الأمطار، وتلقي بها في مجراه، فيحملها النهر حيث تترسب عند المصب.

وعملية نقل التربة بالماء تسمى "التحات"، ويحدث التحات دائما، عندما يجري الماء فوق الأرض، ويحمل كل نهر في العالم التربة التي تجرفها إليه مياه الأمطار. ويتوقف مقدار ما يحمله النهر من هذه المواد على كمية مياه الأمطار، وعلى حالة التربة نفسها.

## التحات البطيء

عندما تسقط المطار على تربة تغطيها النباتات الكثيفة، تكون عملية التحات بطيئة غير عنيفة. ذلك لأن النبات يتحمل شدة اصطدام مياه الأمطار الساقطة، وبذلك لا تؤثر في التربة إلا تأثيرا هينا لطيفا. وتتشرب جذور النباتات المياه، كما تثبت التربة في مكانها فتحفظها من الإزاحة. وهكذا تكون عملية التحات بطيئة في الأرض التي تغطيها النباتات، وبذلك تنتقل التربة إلى النهر انتقالا بطيئا، ويصبح الماء صافيا رائقا.

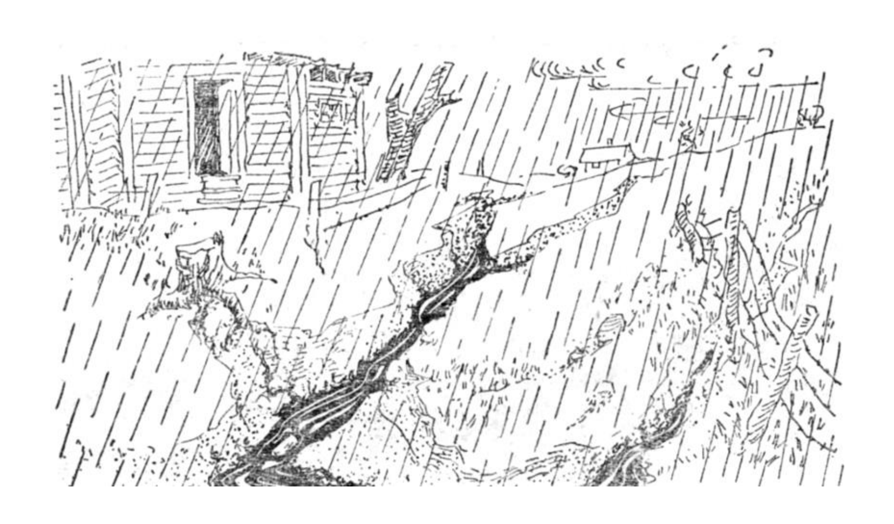


تساعد النباتات على تماسك التربة وصلابتها

## التحات السريع

أما في الأماكن التي قطعت فيها الغابات، وكذا في الحقول العارية من النبات، فليس هناك ما يحميها من وطأة الأمطار التي تتساقط عليها.

فعندما يسقط المطر على هذه الأرض العارية، تجرف المياه كمية كبيرة من التربة، وتلقي بها في النهيرات والأنهار، فتحملها هذه بدورها إلى البحر. وفي مثل هذه الأماكن التي تنعدم فيها حماية التربة، تكون عملية التحات قوية سريعة .. ويعتبر هذا التحات السريع خسارة للجميع



أما التربة العارية من النبات، فإنه يسهل على ماء المطر أن يجرفها

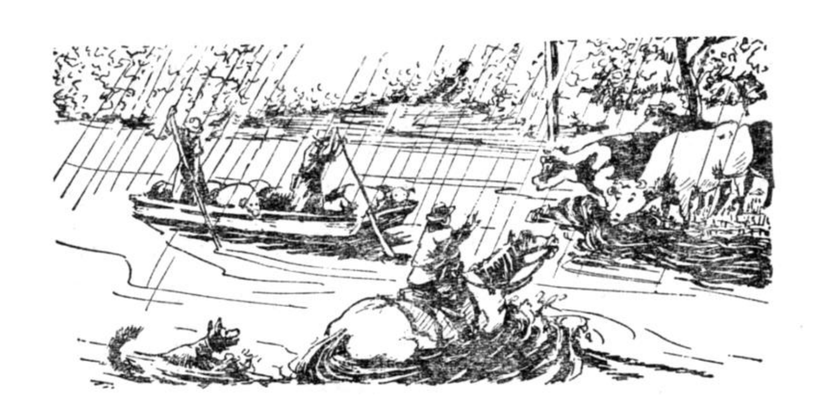
## كيف يؤثر التحات فينا

يعتبر التحات خسارة للفلاح لأنه يجرف الطبقة العلوية من التربة، وهي أفضل أجزاء التربة صلاحية لنمو المحصولات؛ أما ما يلي هذه الطبقة فتربة فقيرة تعطي محصولات أقل ونباتات أصغر، لا تحمل من الثمار إلا مقدارا ضئيلا، ولا تمدنا لغذائنا إلا بكميات ضئيلة من الخضر والفاكهة.



تنمو أجود المحصولات في الطبقة السطحية للتربة، أما التربة الفقيرة فلا تنمو فيها إلا محصولات فقيرة

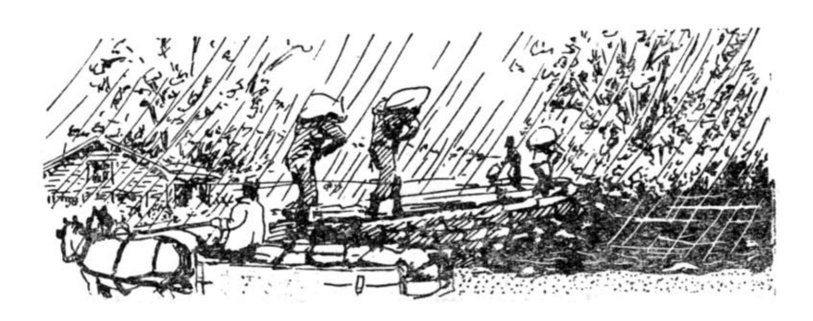
والتحات خطر يهدد الناس الذين يعيشون في الحقول والمدن القريبة من النهر. ذلك أنه عندما يمتلئ قاع النهر بالرمال والطين، لا يجد في مجرى قاعه مكانا متسعا يجري فيه الماء. فعندما تسقط أمطار غزيرة أو تذوب ثلوج كثيرة، ربما فاض النهر على ضفتيه، فأغرق المزارع والمدن المجاورة. وأصبح الناس بلا مأوى، وقد تتلوث مياه الشرب بماء المجاري والطين الذي يوجد في خزانات المياه والآبار. وهنا تنتشر الأمراض نتيجة لتزاحم الناس، كما تنتشر بسبب تلوث مياه الشرب، وما يتعرض له الناس من برد وجو رطب.



عندما يمتلئ قاع النهر بالرمل والطين، يفيض على شاطئيه

ولكي يحمي الناس أنفسهم من غوائل الفيضان يشيدون جسورا عالية من الإسمنت المسلح، أو من أكياس الرمال المتراصة[٥]. وكلما استمرت عملية التحات السريع، زاد مقدار التربة الملقاة في النهر. ومن ثم يبقى خطر الفيضان قائما.

والتحات خسارة لنا جميعا، خسارة لا يشعر بها الفلاح وحده، ولكن يشعر بها كل من يسكن المدن. فعندما تجرف طبقة التربة السطحية في النهر، ويحملها النهر إلى البحر، فكأنها ضاعت هباء.



(٥) ولكن الأمطار الغزيرة تجلب معها مزيدا من الطين والتربة، كما تسبب مزيدا من الفيضانات.

وتبقى أرض زراعية أقل جودة لإطعامنا، ولإمدادنا بالقطن وغيره من المحصولات الأخرى المفيدة. ونقص المساحة المنزرعة، يستتبعه زيادة في ثمن ما تنتجه الأرض.

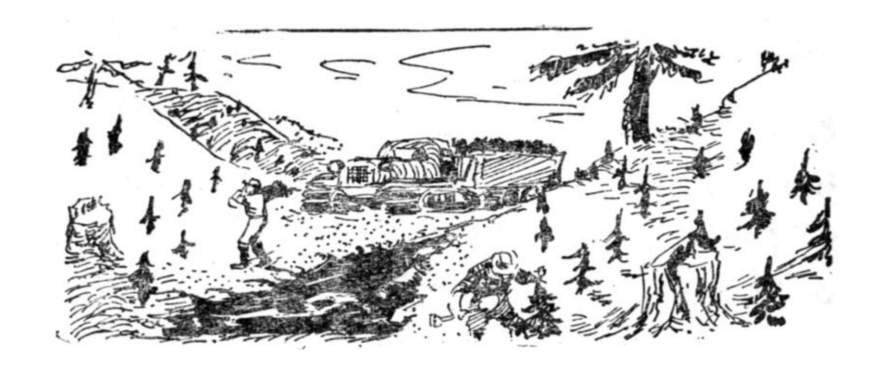
## ماذا نستطيع أن نفعل حيال هذه الظاهرة (التحات)؟

كيف يمكن وقف عملية التحات؟ ليس هذا أمرا يسيرا نستطيع البت فيه بطريقة حاسمة سريعة. فهذه مشكلة حلها وقتا طويلا، كما تحتاج إلى جهد كل من المزارع والحطاب، كما تحتاج إلى جهد كل من يعمل في الأرض أو له صلة بها.

وهؤلاء يساعدوننا في المحافظة على التربة بطريقتين رئيسيتين:

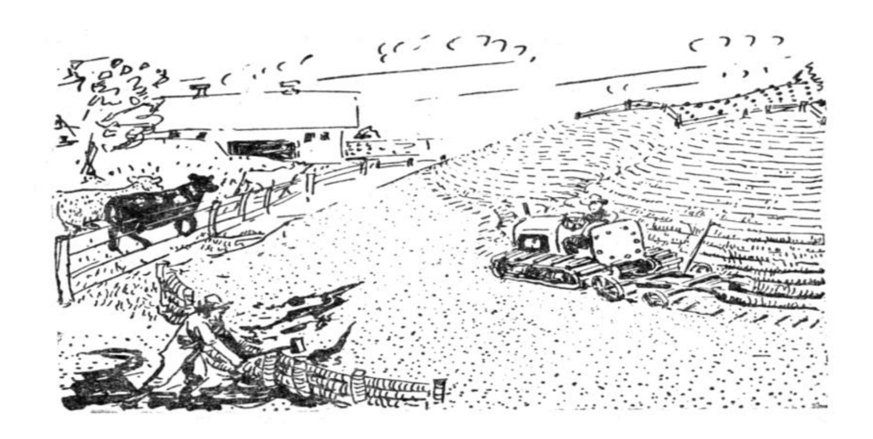
هما حماية التربة، والتحكم في عملية فيضان الماء.

وحماية التربة تتطلب تغطيتها دائما. فحيث اجتثت الغابات، وحيث تركت الأرض عارية، تغطي التربة بزروع وأشجار صغيرة أو نباتات أخرى خضراء مهمتها أن تحفظ تماسك التربة وتتشرب المياه.



وعلينا أيضا أن نحول دون فيض مياه الأمطار بسرعة من فوق الجبال

والأراضي المنحدرة. إن الماء السريع الجريان يزيل كمية كبيرة من التربة والرمال، ولكن يمكن أن نبطئ من سرعة الماء بطرق عدة.

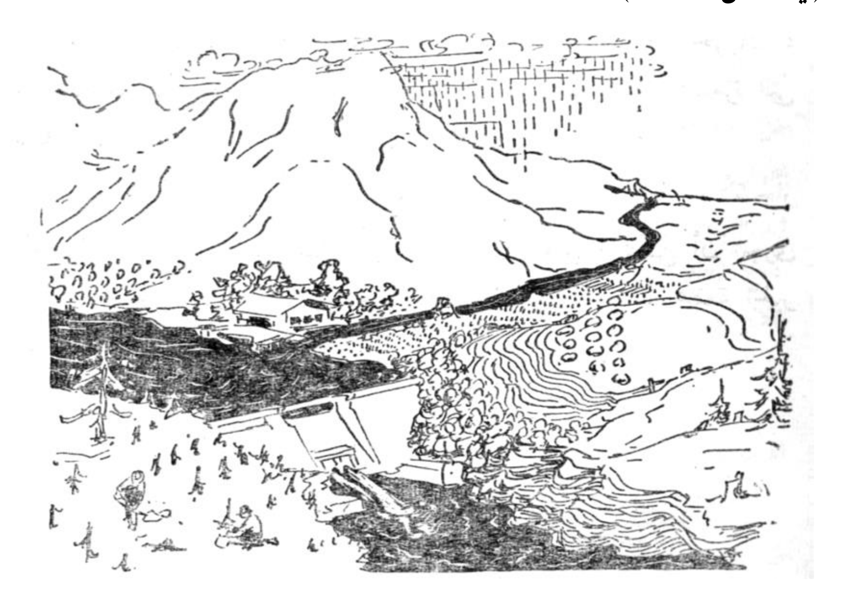


فالأرض المنحدرة يمكن أن تحرث بحيث تكون خطوط المحراث في نفس مستوى التل لا في اتجاه انحداره، ويساعد رجال وزارة الزراعة الفلاحين في وضع خطة لحرث الأرض بحيث تبقى المياه في تلك الأخاديد المستوية (خطوط المحراث)، فتتشرب الأرض المياه، بلا من أن تجري مندفعة إلى أسفل التل فتجرف التربة أمامها.

## كيف تساعدنا السدود

وهناك طريقة أخرى تحول دون نقل المياه للتربة معها، وذلك عن طريق بناء سدود تقف تدفق مياه الأنهار سريعة الجريان. وهذه السدود تمنع المياه من التدفق العنيف خلال المنحدرات كلما هبت عاصفة مطيرة، وبذلك تحجز تلك المياه، فنتحكم في تصرف الفيضان حسب الحاجة طوال العام، وهذه السدود لا تعمل على حماية الريف من الفيضان ومن التحات على

طول ضفتي النهر فحسب، بل إنها تمد الفلاحين بالماء في وقت التحاريق (في فصل الجفاف)



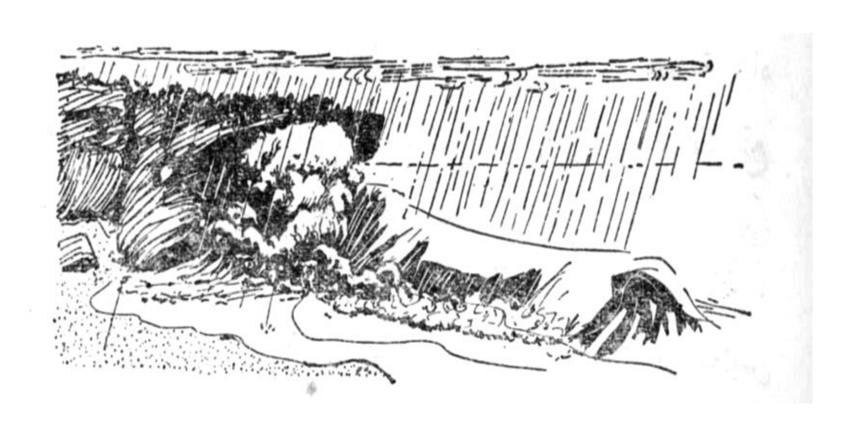
يساعد إنشاء السد على وقف تدفق المياه لأنه يحجزها خلفه، كما يساعد على منع عملية التحات بالماء في وقت التحاريق (في فصل الحفاف)

وفي بعض البلاد تستخدم مساقط مياه السدود في توليد الكهرباء، إذ تستخدم قوى المياه المنحدرة في توليد قوة كهربائية نافعة، بدلا من تسببها في الفيضانات المدمرة.

وللسدود منافع أخرى إلى جانب تحكمها في الفيضانات، ففي كثير من الماكن يكون النهر وراء السد بحيرة يمكن أن تستخدم للسباحة والتجديف وصيد السمك. وكثيرا ما تستخدم المياه في هذه البحيرات في إدارة المولدات الكهربائية التي تنتج الكهرباء للمناطق التي تجاورها.

وبهذه الطريقة يمكن التحكم في تصرف المياه السريعة الجريان، والإفادة منها تدريجيا حسب الحاجة، بدلا من الفيضانات المدمرة التي تحدثها.

والتحكم في جريان الماء السريع، وحفظ الأرض مغطاة بالأشجار الخضراء النامية؛ يقفان نقل التربة السريع. وبهذا يمكن أن تجري الأنهار والنهيرات في أمان وسلام في طريقها إلى البحر، محققة الخير والنفع لسكان البلاد.



## المياه الجوفية تأخذ طريقها إلى البحر

يسقط المطر دائما هنا أو هناك فوق سطح الأرض. ففي هذه اللحظة مثلا تهب العواصف المطيرة على سطح الأرض، فتنكسب عليه ملايين من الأمتار المكعبة من الماء. وتصب السحب في كل ثانية، ما يقرب من ستة عشر مليون جالون من مياه الأمطار النقية. وبعض هذه المياه يجري سريعا ويشق طريقه خلال سفوح الجبال إلى النهيرات والأنهار في طريقه إلى

البحر. ولكن سطح الأرض ليس كله منحدرا في كل بقاع العالم على شكل جبال. فالمطر يسقط أيضا فوق الأراضي المنخفضة والأراضي المستوية، على السواء: ومن ثم يتسرب بعض مياه الأمطار في التربة الناعمة، فتشربه الرمال. فماذا يحدث لهذا المياه؟ وأين تذهب؟

## المياه تحت الأرض

تقطع مياه الأمطار التي تتسرب داخل الأرض، رحلة طويلة غريبة في دروب مظلمة غامضة في بطن الأرض، قبل أن تصل إلى البحر. فهذه المياه تغور في الأرض، وتصبح جزءا من مجموعة المياه الجوفية الضخمة، ولهذه المجموعة مسالك تجري فيها، وهذه المسالك تقع تحت القشرة التي تغطي سطح الأرض.

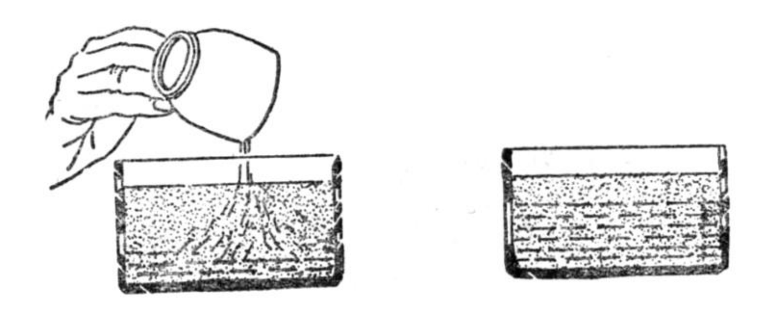
ولكي تكتشف هذه الطبقة المتحركة المتغيرة من المياه الجوفية، تحتاج إلى كل أنواع آلات الحفر، بل ربما احتجت إلى ملابس غواص أيضا، لعل أيسر من ذلك كله، إجراء بعض التجارب التوضيحية.

ابدأ بهذه التجربة، وأرجئ بقية البحث إلى أن تقف عليه في فرصة أخرى في هذا الباب.

**تجربة:** تحتاج إلى وعاء زجاجي كبير، أو حوض من أحواض تربية الأسماك، وتحتاج أيضا إلى كمية كافية من الرمل تملأ بها الوعاء، وإناء مملوء بالماء.

**العمل:** املأ الوعاء بالرمل، واسكب فوقه الماء ببطء.

انظر إلى الوعاء من أحد جوانبه، وشاهد الماء وهو يهبط إلى قاع الإناء، اسكب الماء باستمرار حتى يصبح ارتفاع مستوى الماء في الإناء نحو بوصتين تحت السطح العلوي للرمل.



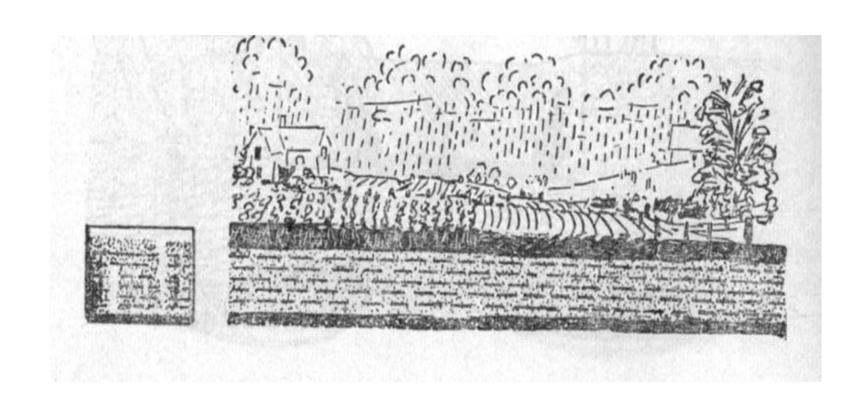
دعنا نبحث ما حدث حتى الآن، لقد وجدنا أن الماء تسرب بسهولة خلال الرمل إلى أسفل الإناء. ثم توقف تسرب الماء حينما وصل إلى زجاج القاع.

إننا نقول إن الرمل جسم مسامي، ومعنى ذلك أن هناك مسافات أو مسام بين حبات الرمل، وتأخذ المياه طريقها خلال هذه المسام فتتسرب إلى قاع الإناء، والماء لم يتسرب خلال الزجاج لأن الزجاج جسم غير مسامي.

## منسوب المياه الجوفية

تتسرب مياه الأمطار المتساقطة على الأرض خلال التربة، بل إنها قد تتسرب خلال بعض الصخور المسامية، ويستمر تسرب المياه حتى تصل

إلى صخور غير مسامية، كما حدث في حالة الزجاج في قاع الوعاء، وهنا يكف الماء عن الهبوط، واستمرار تسرب مياه الأمطار خلال الطبقات المسامية يزيد في مقدار المياه المتجمعة فعلا على الصخور الغير المسامية، فيرتفع مستوى المياه الجوفية. تماما كما حدث في وعاء الرمل. ومستوى الماء تحت الأرض يسمى منسوب المياه الجوفية.

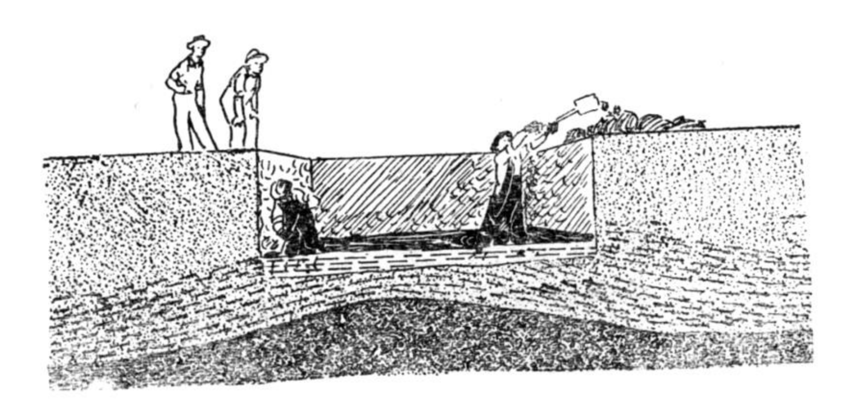


## أين يوجد منسوب المياه؟

توجد المياه الجوفية في كل أنحاء العالم تقريبا، فإذا حفرت الأرض ووصلت إلى عمق مناسب، فإنك واصل إن عاجلا وإن آجلا إلى منسوب المياه الجوفية، وهذا المنسوب قريب جدا من سطح الأرض في بعض الأماكن، وفي أماكن أخرى يتطلب الأمر أن تحفر مئات الأقدام خلال التربة والصخور المسامية حتى تصل إليه. وفي حالات أخرى، ينبغي أن تخترق التربة وطبقة الصخور غير المسامية حتى تصل إلى هذا المنسوب. ويتعذر – حتى على البنائين – التأكد من منسوب المياه الجوفية. ويحدث في بعض الأحيان، بعد حفر أساس بيت جديد، وإنشاء دور تحت الأرض،

أن يصل الحفارون فجأة إلى منسوب المياه الجوفية، برغم جفاف أرض المنازل التي تقع مع هذا المنزل في شارع واحد، وعلى مثل هذا العمق.

وحيثما يرتفع منسوب المياه ارتفاعا مفاجئا، ينقلب هذا القبو إلى بركة من الماء الآسن، وينبغي أن يرفع ماؤها بالطلمبات حتى تجف، ثم يغطي قاعها وجوانبها بمواد عازلة تمنع تسرب الماء.



## استخدام مستوى المياه الجوفية

استطاع الناس في جميع أنحاء العالم أن يهتدوا إلى وسائل يستفيدون بها من منسوب المياه الجوفية في إمدادهم بفيض دائم من الماء. وتستطيع أن تدرك هذه الوسائل بالاستمرار في تجربة الوعاء والرمل والماء.

**تجربة:** تحتاج الآن أيضا إلى ملعقة وعلبة أسطوانية مستديرة بعد أن تزيل قاعها وغطاءها.

**العمل:** أمسك العلبة في وضع رأسي، ثم ادفعها إلى أسفل خلال الرمل كما لو كنت تحدث فيه ثقبا، حتى تصل قمة العلبة إلى مستوى

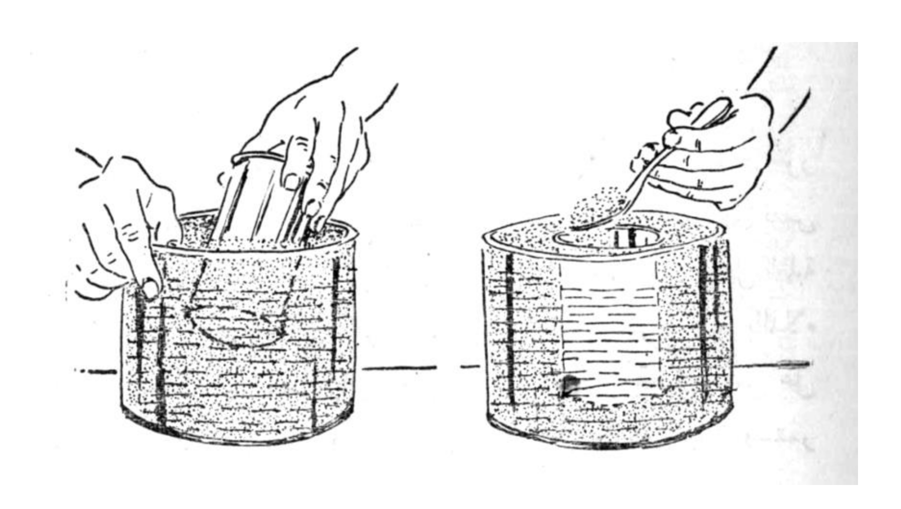
سطح الرمل العلوي، ثم استعمل الملعقة لإخراج الرمل الذي تسرب داخل العلبة. ستجد أنك كلما أخرجت الرمل حل محله بعض الماء، وعندما يتم إخراج الرمل كله، تمتلئ العلبة بالماء حتى يصل إلى منسوب الماء الموجود في الوعاء.

إن ما قمت بعمله الآن؛ إن هو إلا نموذج مصغر لبئر تحفرها في باطن الأرض.

## البئر

في جميع أنحاء العالم يستخرج الناس المياه الجوفية من ملايين الآبار التي تعمل بنفس الطريقة. ويبدأ العمل بحفر حفرة في الأرض عمقها عدة أقدام حتى يصلوا بها إلى ما تحت منسوب المياه الجوفية، ثم تغطي جوانب الحفرة بالأحجار أو بأنبوبة من الإسمنت لتمنع التربة والصخور الهشة من السقوط فيها وملئها من جديد. ويرتفع الماء في داخلها إلى نفس منسوب المياه المحيطة بالبئر من الخارج. تماما كما حدث في داخل العلبة الصفيح في التجربة التي أجريتها. ويمكن أن يستخرج الماء بالدلاء أو بالمضخات التي تعمل باليد أو بالآلات. وهكذا يحصل الناس على مياه باردة نقية من باطن الأرض حينما يكونون في حاجة إليها. وتستمر البئر في إمداد الناس بالماء ما دام منسوب المياه الجوفية أعلى من قاع البئر، فإذا جفت البئر كان سبب ذلك هبوط المياه الجوفية وانخفاضها عن قاع البئر، وقد يحدث هذا في فصل جاف، حين لا تسقط مياه كافية تتسرب إلى منسوب المياه الجوفية، أو حين ينخفض منسوب المياه الجوفية بسبب كثرة استهلاك الماء.

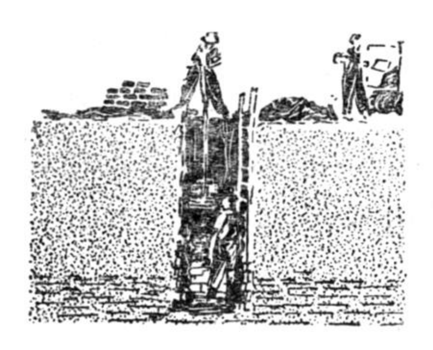
ويمكن في بعض الأحيان أن تبدأ البئر عملها من جديد، عندما يعمق الحفر حتى يصل إلى منسوب آخر للمياه الجوفية أكثر انخفاضا من سابقه.

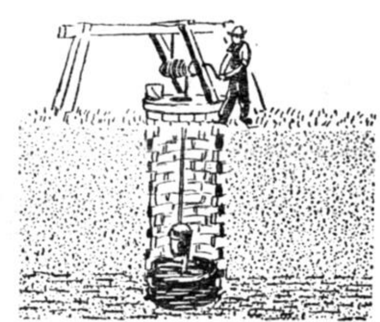


## المنسوب العالي للمياه الجوفية

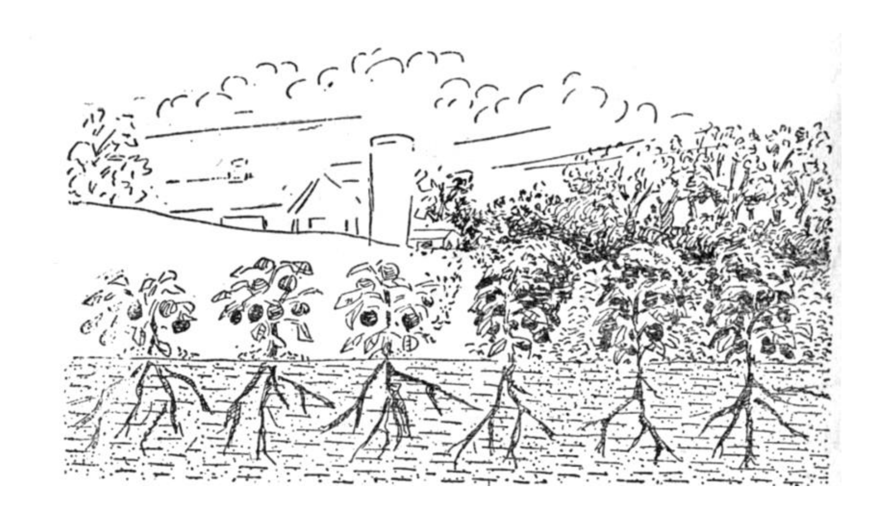
وحتى إذ لم تر بئرا محفورة، تستطيع أن تدرك أن منسوب المياه الجوفية ليس بعيد عن سطح الأرض. فحيث ينطلق منسوب

المياه الجوفية قريبا من سطح الأرض، تجد أرضا طيبة سهلة الري، غنية بالمروج الخضر والحدائق الغناء، وإذا نظرت إلى الحقول الخضراء الندية عرفت أن المياه الجوفية تبلل جذور النباتات.





**تتكون البئر إذا حفرت حفرة تصل إلى منسوب المياه الجوفية**



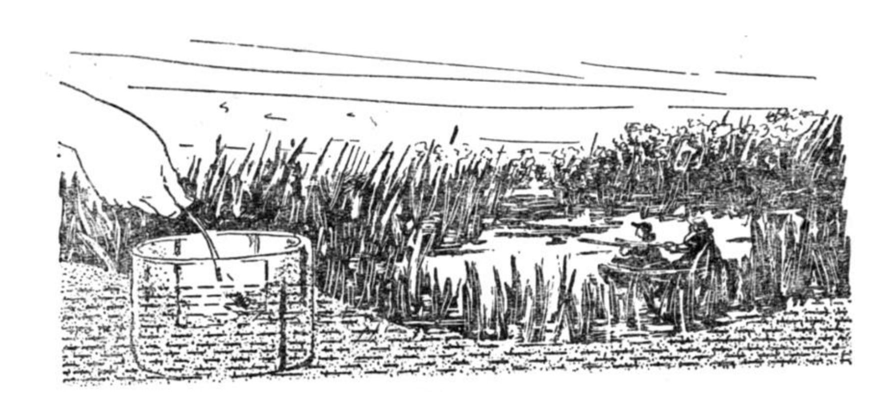
**يمد منسوب المياه الجوفية العالي النبات بكمية وافرة من الماء**

**ويقترب منسوب المياه الجوفية من سطح الأرض في بقاع كثيرة من العالم. ماذا يحدث في هذه الحالة؟**

## تجربة

**خطوات العمل:** اجرف بملعقتك حفرة على شكل "السلطانية" حتى تصل إلى منسوب المياه في الوعاء الزجاجي. سترى أن الماء يتسرب إلى الداخل بقدر يكفي لبلل الرمل.

إن ما عملته الآن إن هو إلا نموذج مصغر لمستنقع.



## المستنقع

عندما يرتفع منسوب المياه الجوفية ارتفاعا كبيرا، يتسرب الماء إلى سطح الأرض ويبلله بنفس الطريقة. ويسمى مثل هذا المكان (مستنقعا).

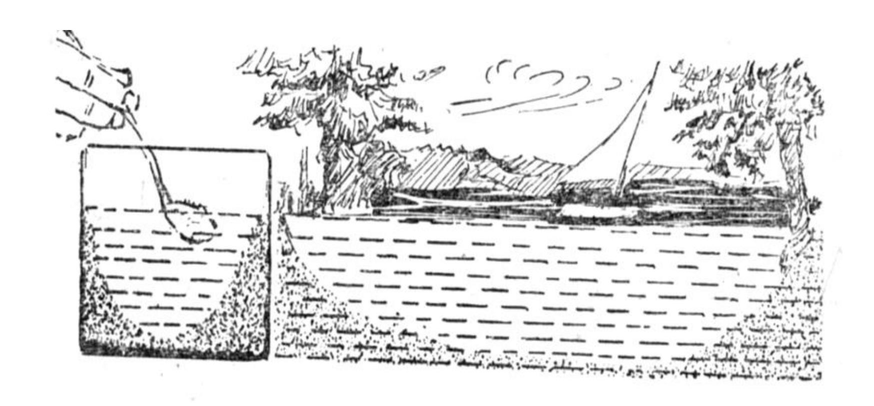
وبطبيعة الحال يوجد في المستنقع الحقيقي شيء آخر غير الرمال. فهناك تنمو كل أنواع النباتات المحبة للماء، وغالبا ما تكون التربة إسفنجية قذرة بسبب أوراق الأشجار المتعفنة التي تتساقط من تلك النباتات، ولا تصلح مثل هذه الأرض للزراعة. ولكن الغابات والأحراج كثيرا ما تحيط بالمستنقع، فتجد فيها أنواع كثيرة من الحيوانات المتوحشة ملجأ وملاذا.

ويحدث أحيانا أن يرتفع منسوب المياه الجوفية فتهبط الأراضي التي تجاوره.

هل تستطيع أن تتصور ما يحدث حيث يعلو منسوب المياه عن سطح الأرض؟ تستطيع أن تصل إلى الجواب عن هذا السؤال بتجربة أخرى.

## تجربة

**خطوات العمل:** احفر مرة أخرى في نموذج المستنقع الصغير الذي عملته في التجربة السابقة. اجرف الرمل حتى يصبح قاع الحفرة تحت منسوب الماء بمقدار بوصتين أو ثلاث. ستجد أن الماء يتسرب إلى داخل الحفرة، ويكون نموذجا لبحيرة صغيرة.



تتكون بحيرات كثيرة في الفجوات التي تكون أكثر انخفاضا من منسوب المياه. وهذه طريقة لتكوين البحيرات تختلف عن الطريقة التي قرأت عنها من قبل. فأنت تذكر أيضا البحيرة التي يكونها النهر ينساب ماؤها في قطعة من الأرض تشبه "السلطانية". أما البحيرة التي يكونها

منسوب المياه الجوفية فينساب الماء إلى التجويف الذي يشبه الكأس ويملأها. وكلا النوعين من البحيرات صالح للتسلية وصيد السمك.

## المنسوب المنخفض للمياه الجوفية

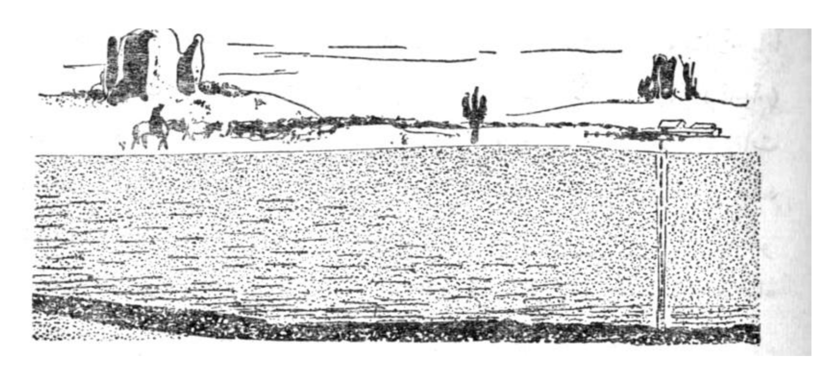
ويحدث أحيانا أن يجري منسوب المياه الجوفية بعيدا عن سطح الأرض. وتستطيع المياه أن تتسرب إلى ارتفاع يكفي لنمو الحشائش، ولكنها على عمق كبير لا يسمح بنمو الحقول أو الغابات.

وهنا لا ترتفع المياه إلى النباتات بسخاء كبير، كما يحدث في الأراضي الزراعية الجيدة. وإنما يمكن أن تتكون مراع واسعة. وكثيرا ما يضطر الرعاة لحفر آبار عميقة لتمد قطعانهم بالماء.

## منسوب المياه بعيدة الغور

يكون منسوب المياه الجوفية بعيدة الغور عميقا تحت سطح الأرض في بعض بقاع الدنيا، ومثل هذه الأماكن هي الصحاري. والصحاري مساحات شاسعة من الأرض لا ينمو فيها من النبات سوى النباتات الشوكية.

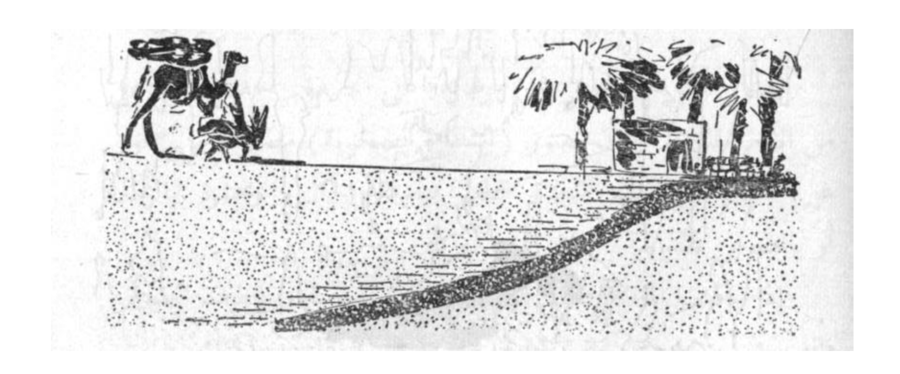
والمياه الجوفية في الصحراء عميقة، لدرجة أنها لا تستطيع أن ترتفع إلى المستوى الذي يمكنها من تندية التربة، أو الوصول إلى جذور النبات.



## الواحة

وحتى في الصحراء توجد أماكن يرتفع فيها منسوب المياه الجوفية إلى مستوى قريب من سطح الأرض.

ويسمى مثل هذا المكان (واحة)، ولعلك رأيت صورا لواحة في الصحراء، إنها مكان توجد فيه طبقة من الصخور الصلبة غير المسامية تحت الرمال. وهذه الطبقة الصلبة تحفظ منسوب المياه الجوفية قريبا من سطح الأرض، فيسهل الوصول إليه إذا حفرنا بئرا.



فإذا كان منسوب المياه الجوفية مرتفعا ارتفاعا كافيا، يحدث أحيانا أن ينبثق الماء من الرمال على شكل ينبوع. وتكون الأرض مبللة (ندية) حول

هذه الينابيع؛ ومن ثم تنمو هناك الأشجار وغيرها من النباتات الخضر. وإنك لتجد القرى وقد تركزت في الصحاري بالقرب من هذه الينابيع والآبار، لأن الناس استطاعوا أن يحصلوا على الماء. ويدل نمو النخيل والزروع الخضر على وجود الماء في تلك البقاع. وحيث يوجد الماء يستطيع الناس أن يعيشوا ويعنوا بقوافل الجمال التي تمر بهم.

## بحيرات وأنهار تحت الأرض

في بعض الأماكن حيث يكثر سقوط الأمطار بغزارة، وحيث تكون طبقات الصخور هشة، يحدث أحيانا أن تذيب المياه الجارية الصخور اللينة فتجرفها معها إلى أسفل، وبهذه الطريقة تنحت المياه كهوفا مجوفة تصبح بحيرات جوفية، وقنوات طويلة تصبح أنهارا جوفية.

ويأتي السياح من أقصى الأرض ليشاهدوا مغارات الماموث، وكهوف "كارلسباد"، ومساقط المياه "روبي" حيث يستطيعون أن يلقوا نظرة على مجاري المياه الجوفية الهائلة في العالم.

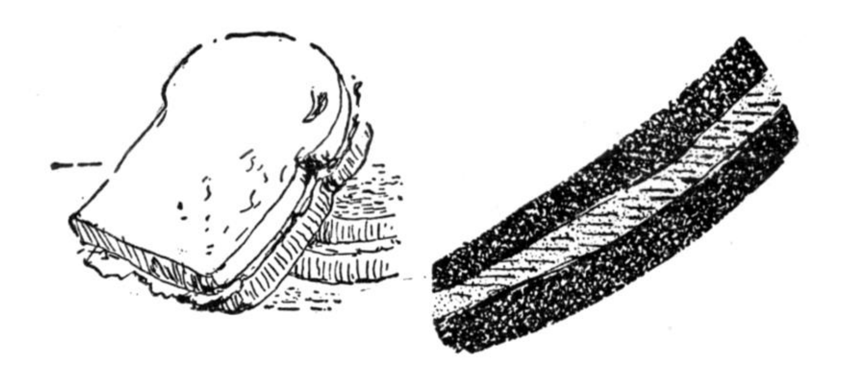


وقد يحدث أحيانا أن ينساب مجرى جوفي من بين الصخور، ويمتزج

بأحد الأنهار فوق سطح الأرض، وحينئذ يجري النهران معا في طريقهما إلى البحر.

## الشطيرة الصخرية

يجري النهر الجوفي أحيانا خلال طبقات من صخور، ويمكن أن يطلق على هذا التكوين العجيب اسم الشطيرة الصخرية. تصور شطيرة (ساندويتشا) موضوعة على منضدة، أحد جانبيها أعلى من الآخر قليلا. والآن تصور (الشطيرة الصخرية) مصنوعة من صخور غير مسامية (ليست لذيذة الطعم بطبيعة الحال) ومحشوة بالرمال أو بالصخور المسامية.

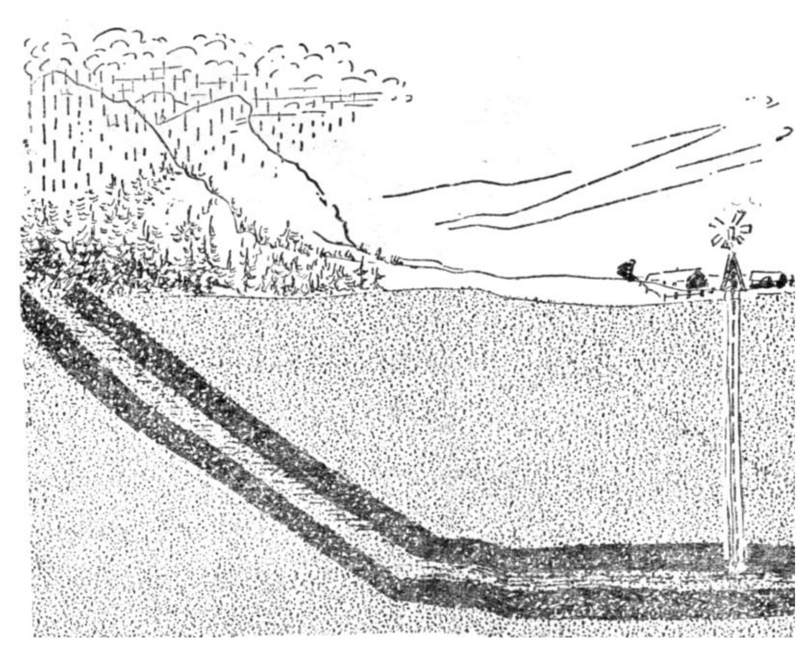


قد تتشكل الصخور أحيانا على هيئة شطائر صخرية

إذا سكبت الماء في داخل الرمال أو المادة المسامية في الطرف العلوي، فإنه سوف يتسرب وينساب خارجا من الطرف السفلي، ولكنك لن ترى ماء في أي مكان آخر في فراغ "الشطيرة" لأن الطبقتين الأخريين من الصخور الصلبة غير المسامية تحولان دون تسرب الماء خلالهما.

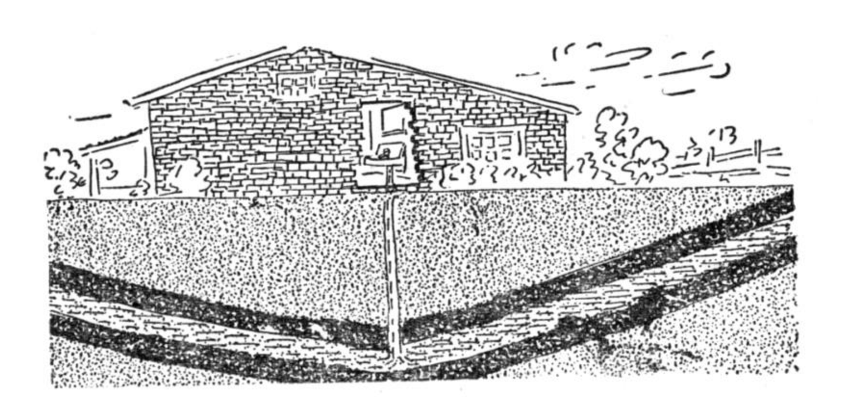
وتوجد أمثال هذه الشطائر الصخرية في أماكن كثيرة في العالم، وفي بعضهما يجري الماء أميالا عديدة خلال الطبقات غير المسامية. دون أن يظهر فوق سطح الأرض. فإذا احتاج الناس إلى بئر في مكان كهذا، كان عليهم أن يحفروا الطبقة العليا، وينفذوا من الصخور الصلبة، حتى يصلوا إلى المياه في الشطيرة الصخرية. وتستعمل بلا شك آلات خاصة لاختراق هذه الصخور، وهي مثاقيب ومطارق وأنابيب قوية تستخدم في هذا الغرض.

ويستطيع الإنسان أن يحفر مثل هذه البئر في كنساس بالولايات المتحدة ويحصل على مياه الشرب من الأمطار التي كانت تسقط على جبال روكي والتي تبعد آلاف الأميال، ويوجد في وسط الغرب أكثر من ١٥ ألف بئر من آبار الشطائر الصخرية.



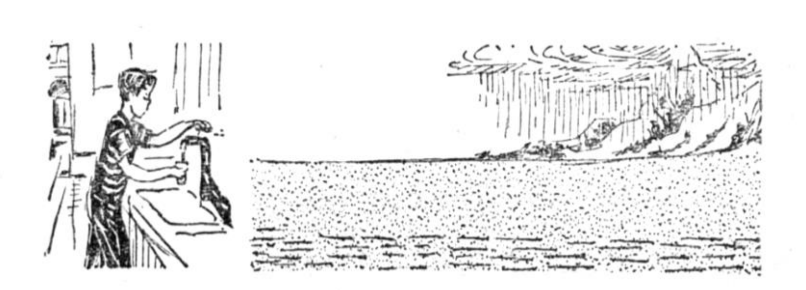
## الآبار الارتوازية

وقد تحدث مفاجأة سارة أحيانا عندما يتم حفر بئر من الآبار. ذلك أن المياه تندفع من الفتحة على شكل نافورة. ويحدث هذا إذا حفرت الفتحة في قاع "شطيرة صخرية" على شكل الحرف V. وفي مثل هذا المكان، يمكن أن ترتفع المياه مباشرة إلى المنزل في الأنابيب دون الاستعانة بالمضخات، ذلك لأن الماء الموجود في الطرف العلوي "للشطيرة" يساعد على دفع المياه إلى أعلى، وتسمى مثل هذه البئر بئرا ارتوازية. وإنك لتسمع الناس يطلقون هذا الاسم على كل بئر عميقة، ولكن البئر التي ترتفع فيها المياه إلى أعلى بدون مضخات، هي البئر الوحيدة التي يطلق عليها بحق هذه التسمية (البئر الارتوازية).



ويحصل معظم سكان العالم على حاجتهم من المياه من تلك الآبار الارتوازية، ومن الآبار بعيدة الغور، كما يحصلون عليها من الآبار القريبة من سطح الأرض أو التي لا تحتاج إلى عمق كبير – وكل هذه الآبار تنبع

من منسوب المياه الجوفية تحت سطح الأرض.



## أنت ومنسوب المياه الجوفية

تتساقط الأمطار العذبة النظيفة، من السحب على الأرض، في كل بقاع الدنيا، ويخيل إليك أننا فقدناها حينما تغور في الأرض. ولكنها لا تضيع، بل إنها تتسرب تحت التربة والرمال والصخور المسامية حتى تصل إلى طبقة الصخور الصلبة غير المسامية، فتجري المياه الجوفية على طول هذا القاع الصخري الصلب. وقد تكون الصخور غير المسامية بعيدة الغور في بعض البقاع تحت سطح الأرض، وبذلك تغور مياه الأمطار مئات من أقدام قبل أن تصل إلى قاعها الصخري. وفي أماكن أخرى يكون منسوب المياه الجوفية قريبا من سطح الأرض إذا كانت طبقة الصخور الصلبة قريبة منه.

وحيثما سرت في أي مكان من العالم تنساب المياه الجارية تحت قدميك في دروبها السرية في طريقها إلى البحر. وإنك لا تستطيع أن ترى المياه الجوفية وهي تتسرب وتغور ببطء خلال التربة والصخور المسامية، أو

حينما تجري سريعا خلال البحيرات والأنهار الجوفية في طريقها إلى البحر. ولكنك إذا نظرت إلى سطح الأرض، استطعت أن تقرأ جانبا من قصة المياه المختفية تحت الأرض.

وسواء أكان منسوب هذه المياه الجوفية قريبا من سطح الأرض تحت الحقول الخضر اليانعة، أم بعيد الغور تحت الصحراء الذهبية الجافة، فإن المياه الجوفية دائما تجري فوق قاعها الصخري الصلب. وكل المياه مصدرها المطر أو الثلوج الذائبة، فالأمطار تسقط على الجبال، وتصب في الأنهار ثم تسرع إلى البحر. وهي تسري فوق مناطق الأرض المستوية وخلال الأماكن المسامية من التربة، ثم تتسرب إلى مجموعة المياه الجوفية، وهذه تأخذ طريقها إلى البحر أيضا.



## حمولة ثمينة غالية

وسواء أكان النهر يجري فوق الأرض أو تحتها، فإنه يحمل معه مواد ينحتها من الصخور والتربة التي يجري خلالها. وأنت تستطيع أن ترى بعض هذه الأشياء، مثل الرمال والطمي والحصى. ولكن المياه تلتقط مواد أخرى غير هذه لا تستطيع أنت أن تراها بعينيك – تلك هي المعادن.

## ما هي المعادن؟

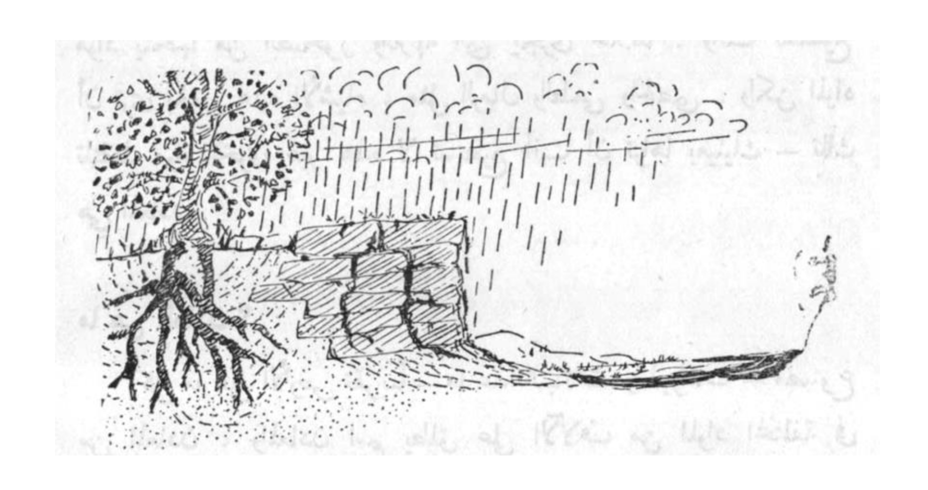
كل ما على الأرض تقريبا – ما عدا النباتات والحيوانات – مصنوع من المعادن، والمعادن اسم يطلق على الآلاف من المواد المختلفة في الأرض، فكل منتجات الصخر أو الرمل أو الإسمنت أو الأسفلت مصنوعة من المعادن على اختلاف أنواعها. والنقود التي في جيبك، سواء أكانت من الفضة أم النيكل أم النحاس، مصنوعة من المعادن.

وكذلك أوعية الألومنيوم في المطبخ، وكل المصنوعات الحديدية والذهب البراق والجواهر المتلألئة معادن. وأنت تعرف معدنا تستعمله دائما – هو الملح.

والملح يذوب عندما تضعه في الحساء (الشوربة) أو الماء.

وبالمثل تذوب معادن أخرى في الماء، ولو أنها لا تذوب بالسرعة نفسها التي يذوب بها الملح. وحينما تتشرب الأرض مياه الأمطار، فإن هذه المياه بصفة دائمة مستمرة تذيب المعادن من الصخور والتربة التي تمر بها، فإذ تسربت هذه المياه خلال التربة امتصت جذور النباتات بعض هذه المياه والمواد المعدنية الذائبة.

ولكن معظمها يسير في رحلته الطويلة صوب البحر.



تذيب الأمطار بعض ما في الصخور والتربة من أملاح معدنية (معادن)

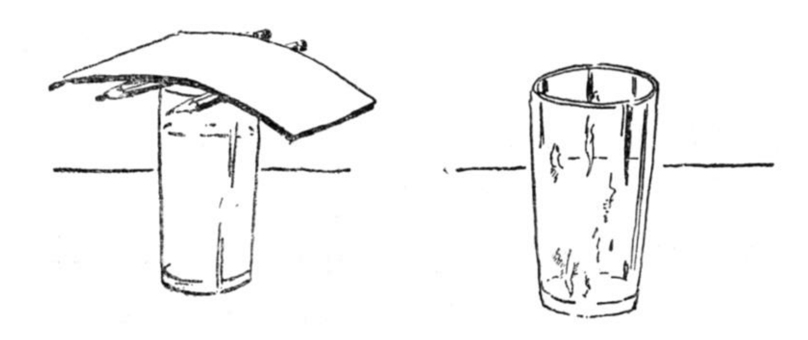
وأنت لا تستطيع عادة أن تذوق طعم الأملاح الذائبة في النهيرات والآبار، لأنها موجودة في المياه بكميات ضئيلة جدا. كما لو أذبت حبة من حبات الملح في لتر من الماء، ثم توقفت تذوق طعم الملح في الماء.

إنك لا تشعر بطعم الملح في الماء برغم وجود المعدن فيه. وإليك طريقة ستدرك بها وجود هذه المعادن في الماء بنفسك.

**تجربة:** تحتاج في هذه التجربة إلى ركوب جاف نظيف جدا.

**العمل:** املأ الكوب إلى منتصفه بماء من الصنبور. ضع قلمين فوق الكوب، ثم غطه بقطعة من الورق المقوى بحيث تكون ملتوية بالطريقة المبينة في الرسم. وهذا الغطاء يحفظ الماء من سقوط التراب فيه. ضع الكوب في مكان دافئ (بالقرب من مدفأة مثلا) ستبخر الماء ببطء (وقد يستغرق البخر بضعة أيام أو أسابيع)

وتتخلف المعادن مكونة طبقة رقيقة بيضاء على جوانب الكوب.



ولعلك تدرك الآن لماذا لا تستطيع أن تغسل كوبا من ماء الصنبور، ثم تتوقع أن يصبح الكوب نظيفا لامعا بعد أن يجف، إن الماء يتبخر ولكن الأملاح تتخلف على الزجاج، وتضفي عليه غشاوة. وتسبب لنا بعض هذه الأملاح متاعب مختلفة، فهي تمنع الصابون من أداء وظيفته في إزالة الأقذار والأوساخ. والماء الذي يحتوي على كميات كبيرة من هذه الأملاح يسمى الماء العسر. ويضطر الناس في المدن التي يكون الماء فيها عسيرا إلى استعمال صابون خاص للغسيل من الماء العسر، وقد يلجؤون إلى استخدام صهريج من نوع خاص يحتوي على مادة كيميائية معينة تزيل من الماء الأملاح المعدنية الذائبة فيه، والتي تسبب عسره.

ويجب ألا تعترينا الدهشة إذا علمنا أن جميع المياه العادية تحتوي على أملاح معدنية ذائبة فيها ... فالواقع أن الماء يقطع مسافات طويلة منذ أن يسقط مطرا على سطح الأرض، ويسير في جداول وأنهار حتى يصل إلى الخزان، وهو في تلك الرحلة الطويلة يذيب أكبر قدر ممكن من الأملاح

المعدنية من التربة والصخور.

## الأملاح المعدنية في الأنهار الجوفية

وتحمل الأنهار الجوفية أيضا أملاحا مذابة، ويزيد مقدار ما تحمله من تلك الأملاح على ما تحمله مياه الأنهار السطحية، وذلك لأن المياه تتسرب ببطء في باطن الأرض، ولا تكتفي بمجرد الجريان فوق سطحها.

وهكذا تتمكن المياه من إذابة قدر كبير من الأملاح، بفضل الوقت الذي تستغرقه في تسربها خلال التربة، فتذيب الأملاح وتحملها معها.

ولذلك غالبا ما نجد للمياه الباطنية التي قطعت شوطا طويلا ومرحلة كبيرة تحت سطح الأرض طعما خاصا، وذلك بسبب تلك الكمية الكبيرة من الأملاح المعدنية المذابة فيها. فهناك مياه معدنية طعمها ملح، وأخرى لها طعم مر فيه طعم الحديد. وهذا الطعم يتوقف على نوع التربة أو الصخور التي تمر فيها المياه. فلو قدر لها مثلا أن تجري خلال تربة بها أملاح الكبريت لكان طعمها ورائحتها مثل البيض الفاسد. ولعلك تفضل أن تكون مياه الشرب العادي من الماء الصافي دون أن يكون لها طعم البيض أو الملح أو الحديد أو أي شيء آخر. ومع ذلك يفضل بعض الناس هذا الطعم الخاص، أو يعتقدون أن المياه المعدنية لها فوائد صحية معينة. وهذا ما يفسر لنا عرض زجاجات المياه المعدنية للبيع في محال البقالة والصيدليات وغيرها .. ولهذا السبب أيضا قامت المدن الكبيرة حول عيون المياه المعدنية يقصدها الناس للاستشفاء، ومن أمثلة هذه الأماكن: عيون الكبريت البيضاء وعيون سارا توجا حيث يشرب الناس

الماء المعدني المتدفق من الأنهار في باطن الأرض.

## تجمد الماء في أثناء التقطير

يحدث أحيانا أن تتسرب مياه الأنهار الجوفية تسربا بطيئا في كهف تحت الأرض .. فإذا كانت هذه المياه تحوي قدرا كبيرا من الأملاح المعدنية المذابة حدث شيء غريب وبديع حقا ..

فإن كل قطرة من قطرات هذه المياه المحملة بالأملاح المعدنية المذابة تبقى معلقة في سقف الكهف فترة من الزمن بعد تسربها إليه، وحينئذ يتبخر الماء تاركا الأملاح المعدنية وحدها. وهكذا تتبخر القطرة الثانية التي تليها فتزداد كمية الأملاح المعدنية المتخلفة تدريجيا، وتكون شكلا جميلا يشبه الجليد المتحجر. وهذه تسمى "ستال كتايت" أو رواسب كلسية.

أما إذا تسربت المياه المحملة بالأملاح بسرعة في الكهف، تساقط جزء منها على قاعه. فإذا تبخر بعد ذلك خلف وراءه الملاح المعدنية على أرضية الكهف، فتتراكم وتكون أشكالا مخروطية يتجه طرفها المدبب إلى أعلى. وهذه تسمى "ستال جمايت" أو رواسب كلسية متحجرة تعلو فوق أرض المغاور والكهوف ويتراكم بعضها فوق بعض فتنمو إلى أعلى، بينما نرى أن الاستال كتايت تنمو إلى أسفل. ودوام هاتين العمليتين زمنا طويلا يسبب تقارب الاثنين (الاستال كتايت والاستال جايت) وتقابلهما، فيكونان أعمدة شكلها غريب، ذات جوانب منحنية مقوسة، ويكون لها في بعض الأحيان ألوان جميلة تكتسبها من الأملاح المعدنية التي تتكون منها. فإذا كانت ألوان هذه الأعمدة جذابة حقا وفي كهوف كبيرة بصفة

خاصة؛ أصبحت مقصد السائحين، يحجون إليها من هنا وهناك.

ولو قدر لك أن تزور أحد هذه الكهوف، لأدركت كيف تكون هذه الاستاكتايت والاستالجمايت صلبة كالصخر. إنها في الحقيقة صخور، برغم أنك لا تظن غالبا بل ولا تتصور أن الصخر جسم ذائب في الماء، ومع ذلك فهذه هي الطريقة التي تنشأ بها تلك الأعمدة والأسطوانات الكلسية. ولا عجب إذا علمنا أنها مكونة من أملاح معدنية كانت في يوم من الأيام أجزاء من صخور أخرى، قد تبعد عن مكانها هذا مئات من الأميال، والفضل في نقلها إلى هذا الموطن الجديد يرجع إلى المياه الجارية التي أذابت تلك الصخور البعيدة تدريجيا، وحملتها معها، وهي على شكل أملاح ذائبة، ثم رسبتها من جديد قطرة قطرة، حتى كونت الصخور الغريبة البديعة التي رأيناها في الكهف.

وهذه ظاهرة غريبة من أعجب الظواهر التي تمتاز بها تقلبات القشرة الأرضية. وتتمثل هذه الظاهرة في ذوبان الصخر في الماء ثم جريانه معه إلى أن يتحول إلى صخر من جديد، أو يسير في أحد الأنهار حتى يصب في البحر.



## حمولة تسير إلى البحر

لا تنتهي معظم الأنهار الجوفية في كهوف أو مغارات، بل إن كثيرا منها يواصل سيره نحو المصب (المحيط أو البحر) حيث تنتهي معظم الأنهار التي تجري فوق سطح الأرض. وتلتقط كل الأنهار في أثناء رحلتها الطويلة طميا ورملا، ثم ترسب ما تحمله من الرمال والتربة في مكان آخر من مجراها. أما الأملاح المعدنية وغيرها من المواد المذابة، فإنها لا تترسب، بل تبقى عالقة في الماء حتى تصل إلى المصب.

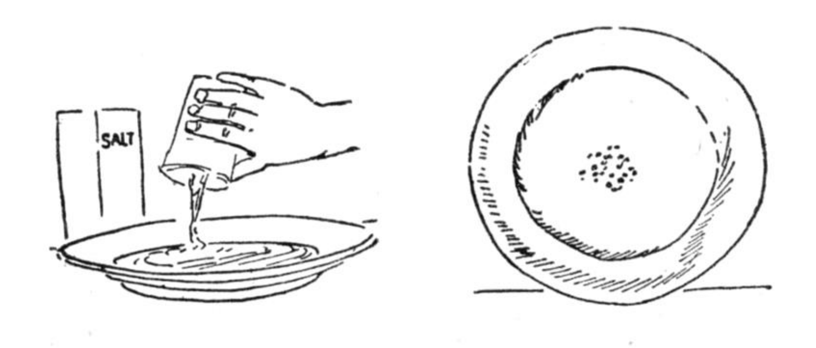
وبرغم ذلك فماء النهر الذي يصب في المحيط أو البحر ماء عذب ليس فيه طعم الملح. ولو قدر لك أن تسبح في ماء المحيط أو البحر وتشرب منه جرعة، فإنك تشعر أنه ماء ملح للغاية.

## لماذا يكون ماء المحيط ملحا؟

إليك طريقة تدرك بها السبب في أن ماء المحيط أكثر ملوحة من ماء النهر الذي يصب فيه:

**تجربة:** تحتاج إلى كوب زجاجي ومقدار من الماء يملأ ربع كوب – وإلى ملء ملعقة شاي من ملح الطعام – وطبق. ستصل إلى نتيجة التجربة بسرعة إذا استخدمت طبقا قاتم اللون.

**العمل:** أضف الملح إلى الماء، وقلبه حتى يذوب الملح كله، ثم صب محلول الملح في الطبق وضعه على قاعدة إحدى النوافذ .. واتركه هناك حتى يجف الماء كله من الطبق .. ويمكنك أن تصل إلى نتيجة سريعة لتجربتك لو وضعت الطبق في نافذة دافئة تغمرها أشعة الشمس، أو فوق مدفأة. بعد أن يختفي الماء، افحص الطبق جيدا.




ستجد ذرات دقيقة بيضاء مختلفة في الطبق، وهذه بلا شك ذرات من

الملح، ويمكنك التأكد من ذلك إذا ذقت قليلا منها، إنه الملح نفسه الذي قلبته في الماء في أول التجربة.

وتثبت هذه التجربة تبخر الماء إذا سخن هو والملح معا، ولكن الملح يتخلف.

وتصب مياه الأنهار التي تحوي مقادير من ذرات ملح الطعام وغيرها من الأملاح المعدنية الكثيرة الأخرى بصفة دائمة مستمرة في البحر أو المحيط، والشمس تقوم بعملها، فهي تبعث بأشعتها إلى المحيط الواسع المترامي الأطراف، فيسخن الماء الذي فيه .. وهكذا نجد أن حرارة الشمس تبخر بعض ماء المحيط بصفة مستمرة، أما الملح فإنه يتخلف دائما تماما، كما حدث في التجربة السابقة، فبينما تصب مياه الأنهار في المحيط يوميا حاملة معها الأملاح المعدنية المذابة التي جرفتها من الأرض، يزيد قليلا مقدار الملح في ماء المحيط، والشمس تقوم بتبخير الماء بانتظام، ويتخلف دائما ملح الطعام وغيره من الأملاح المعدنية. وهذه العملية مستمرة من ملايين السنين، والأملاح تنتقل من الأرض إلى البحر على الدوام .. وهذا هو السبب في أن ماء المحيط أكثر ملوحة من ماء النهر الذي يصب فيه.

## الدورة المائية

يبقى الملح في قاع المحيط أو البحر، أما الماء فإنه يسلك طريقا لا نهاية له. فبعد أن تبخره حرارة الشمس، يتصاعد بخار الماء في طبقات الجو العليا ويكون سحبا تدفعها الرياح إلى حيث تريد، إلى شاطئ الصين مثلا،

أو فوق غابة من غابات أفريقيا، كما قد تعود بها مرة ثانية إلى قمة الجبل الذي بدأت عنده أولا منذ أمد بعيد، وهذه السحب تبرد بتأثير ريح باردة في أية بقعة تسير فوقها. ومن ثم تتحول مرة أخرى إلى الماء، ينزل قطرات من المطر فوق هونج كونج، أو يثير الرعب بين قردة تختبئ في شجرة من أشجار جوز الهند، أو تضطر قوما يقضون وقتا في الخلاء إلى البحث عن ملجأ يحتمون فيه. وقد تتساقط هذه الأمطار فوق حقول القمح العطشى، فتتسرب داخل التربة حتى تصل إلى منسوب المياه الجوفية، أو قد تمتلئ بها التربة الهشة على سفوح الجبال مرة أخرى، وبذلك تجري في شكل جدول صغير ينضم إلى غيره من الجداول فيتكون منها نهر يأخذ طريقه صوب البحر، فيقطع آلاف الأميال، ويستمر في هذا الطريق بصفة دائمة مستمرة. ويسمى هذا الممر الذي لا ينتهي "الدورة المائية".

ورحلة الماء التي تبدأ من السحاب رحلة دائبة لا تنتهي، فالماء الذي استخدمته في غسيل يديك هذا الصباح عمره ملايين السنين، وقد قطع ملايين الرحلات من السحب وإليها، ويبلغ طولها ملايين الأميال.

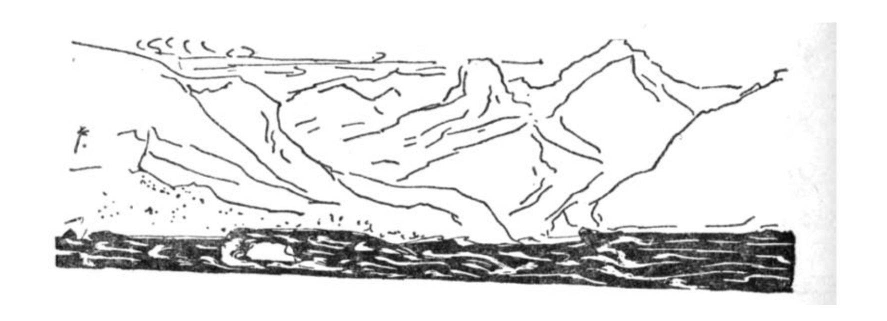
فلا تعجب إذا سمعت أن هذا الماء نفسه قد استخدم منذ عهد بعيد في إحدى الطواحين المائية في فيرمونت، أو إذا سمعت أنه كان زبدا يلطم سفينة كولمبس، أو جزءا من جبل جليد قرب جزيرة جرين لاند، أو كان قطرات من الندى تتلألأ على أوراق الأشجار والأزهار. ويحتمل أن تكون هذه القطرات من الماء قد دفعت أمامها بضع حبات من الرمال ورسبتها على ضفتي نهر النيل في مصر، كما يحتمل أنها تساقطت فوق قبعة أبراهام لنكولن وهو يسير وحيدا في المطر، ولعلها كانت تدخل في تركيب كرات

الثلج التي تلعب بها. ولعلك شاهدتها وهي تتصاعد بخارا من وعاء الحساء الذي تشربه. ولعلها كانت في بركة موحلة يلعب فيها كلبك. ولكن هذه القطرات – في كل حالة من الحالات السابقة – قد صعدتها حرارة الشمس، ونقتها من شوائبها، ثم بعثت بها إلى السحب.

فتصبح على استعداد لتسقط من جديد، نقية نظيفة، فوق سطح الأرض.

ويقطع الماء هذه الرحلة دائما مرارا وتكرارا، سواء أكان في بحيرة أو نهر يجري ظاهرا فوق سطح الأرض، أو كان ينساب بين الصخور وداخل الكهوف تحت سطح الأرض، فالماء يسقط ثم يجري في طريقه صوب البحر، وحرارة الشمس تصعده إلى السحب، فيصب منها فوق ظهر الأرض ويتسرب إلى باطنها، ومن ثم يجري ثانية صوب البحر.

إذن فالماء في حركة دائبة لا تهدأ، فهو دائما يتصاعد، وهو دائما يسقط – من السحاب إلى السحاب – وهو في خلال هذه الرحلة الأبدية يروي عطش الأرض، فترتوي.



## تفتت الجبال

تتلاطم المياه وتدور دورتها، وتجري الأنهار دائما ولا تهدأ، أما الجبال فتبدو ثابتة لا تتغير. ولعلك قرأت عن أولئك المستكشفين الذين جابوا جبال "روكي" في أمريكا منذ قرن من الزمان، ثم لعلك تعلم أن هذه الجبال ما زالت في مكانها إلى يومنا هذا، ولا يزال عبور هذه الممرات الضيقة في تلك الجبال من أشق الأمور في فصل الشتاء، ولا يزال الناس في حاجة إلى إنذار رجال البوليس وتحذيرهم من تساقط الثلج والجليد فوق ممر "دونر" بين نيفادا وكاليفورنيا، حيث فقد كثير من الرواد الأولين والباحثين عن الذهب حياتهم منذ أمد بعيد. ورغم أن الجبال تبدو خالدة لا تبلى ولا تفنى، إلا أنها في تغير مستمر.

لقد درست عاملا من العوامل التي تغير الجبال – هو الماء – ورأيت أن الماء – في أثناء جريانه – يحمل معه رمالا، وأجزاء صغيرة من الحصى فتتها من الصخر، كما يحصل أيضا مواد أخرى. هذا إذا كانت حركة الماء سريعة. فهذا الماء الذي يجري سريعا في أخاديد الجبال يقوم بعمل منشار ضخم هائل أو الورق المسنفر القاطع، وذلك بما يحمله من مواد وأجسام اقتطعها من الصخور التي يمر بها.

وتحفر المياه أخاديد – تزداد عمقا على مر الزمن – في مجرى النهر الذي يسير فيه وبذلك تتكون شقوق تزداد عمقا هي الأخرى، والماء يبرد الصخر ويقطع منه قطعا صغيرة على الدوام، حتى يصبح سفح الجبل مغطى بتلك الشقوق والفجوات.



وتستمر عملية المياه في برد الصخور عند الشقوق والفجوات وأخيرا تنفصل قطعة من الصخر فيجرفها الماء معه. ومعنى هذا أن جزءا من الجبل قد بلى وانتقل من مكانه. وعلى مر الزمن تنحت في سفح الجبل أخاديد وممرات. فكأن هذه النهيرات الدافقة تقطع أوصال الجبل الضخم الأشم بوصة بوصة.





## المياه تحطم المرتفعات وتهد كيانها

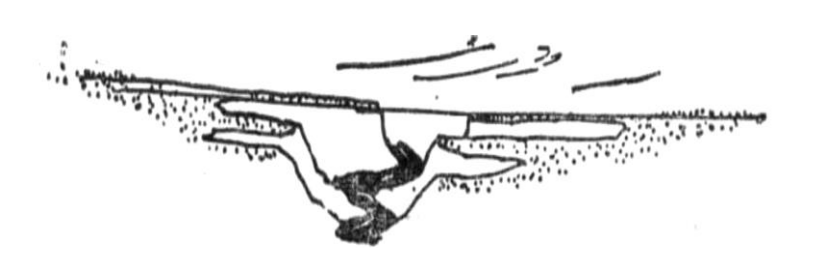
وتستطيع المياه كذلك أن تنحت في الأرض العالية المستوية حتى تصبح في شكل جبل. ويحدث هذا في كثير من بقاع العالم. وأكبر مثال لهذه العملية في الولايات المتحدة تراه في "الكانيون الكبير" في نهر

الكولورادو.

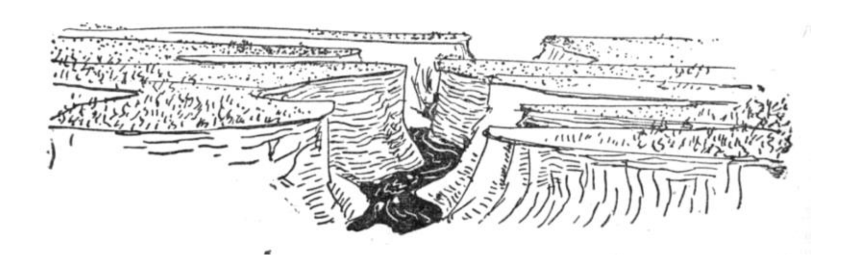
وقد يحدث يوما ما أن تحطم المياه المندفعة تلك الأرض الصخرية المرتفعة حتى يزول هذا الكانيون الكبير من الوجود، وبذلك تتحطم كل



منذ عهد بعيد، كان نهر كولورادو يجري فوق مرتفعات مستوية

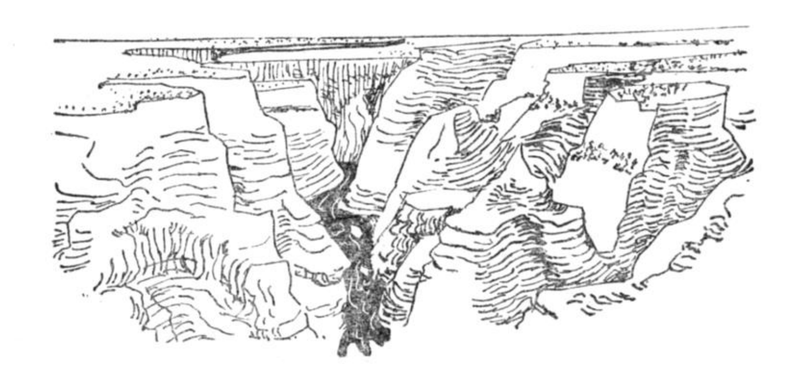


وعلى مر الزمان، كون هذا النهر واديا في تلك الأراضي



ثم أخذ يعمق في هذا الوادي تدريجيا

أجزاء هذه الأرض المرتفعة وتصبح في مستوى البحر. وعملية تحطيم الأراضي العالية المرتفعة تحدث دائما، لا في الكانيون الكبير فحسب بل في كل مكان تجري فيه أنهار.



حتى أصبح مدراه الحالي منخفضا عن مجراه الأصلي الذي كان يسير فيه بمقدار ميل تقريبا



وقد تتأكل جوانب النهر في المستقبل



فتتحطم تلك المرتفعات وتتلاشى

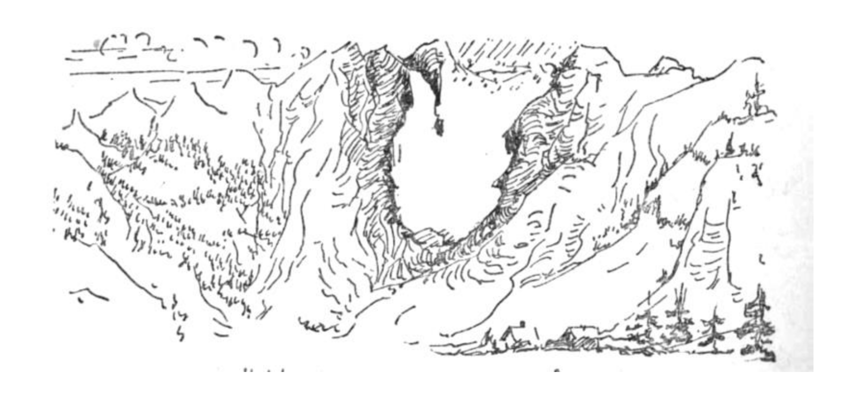


حتى تصبح مرة ثانية سهلا منبسطا وأرضا مستوية

## أنهار الجليد في طريقها إلى البحر

درست شيئا عن مهمة المياه الجارية، ورأيت كيف تنحت الجبال، وكيف تحطم المرتفعات وتهد من كيانها. ولكن أتعلم أن هناك أنهارا أخرى تنحت الأرض وتجرفها أمامها؟ هذه هي أنهار الجليد.

وتتكون معظم الأنهار من قطرات المطر، أما أنهار الجليد فإنها تتكون من الجليد الذي يتساقط من فوق قمم الجبال، حيث يشتد البرد في معظم فصول السنة. فالجليد يتساقط ثم يتراكم بعضه فوق بعض.

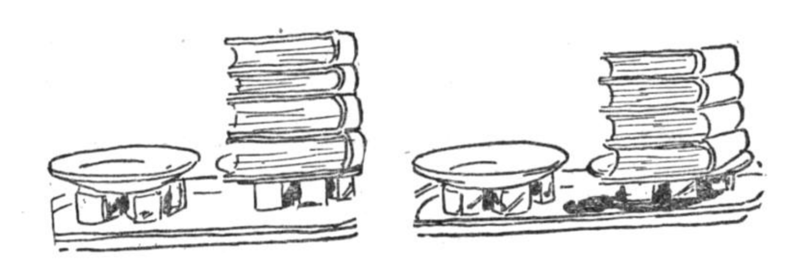


تبدأ رحلة نهر الجليد من فوق قمم الجبال

فإذا تراكم الجليد بكميات ضخمة، انضغطت طبقاته الدنيا ضغطا شديدا وتحولت بسببه إلى ثلج، تماما كما يحدث حين تضغط كرة من الجليد ضغطا قويا فيتحول الجليد إلى ثلج، وإذا زاد الضغط على هذا الحد، حدثت ظاهرة لطبقات الثلج. وإليك طريقة توضح لك هذا الذ يحدث.

**تجربة:** ستحتاج إلى ستة مكعبات من الثلج، وطبقين مسطحين في حجم واحد، وأربعة كتب ثقيلة الوزن.

**العمل:** ضع كل طبق فوق ثلاثة مكعبات من الثلج، ثم ضع الكتب فوق أحد الطبقين. شاهد أية مجموعة من مجوعتي مكعبات الثلج ستذوب أولا قبل الأخرى.



ستجد أن مكعبات الثلج التي تحت الكتب تذوب أسرع من الأخرى، وذلك بسبب الضغط الشديد الواقع عليها، والذي يفوق ضغط الطبق وحده الواقع على مجموعة المكعبات الأخرى.

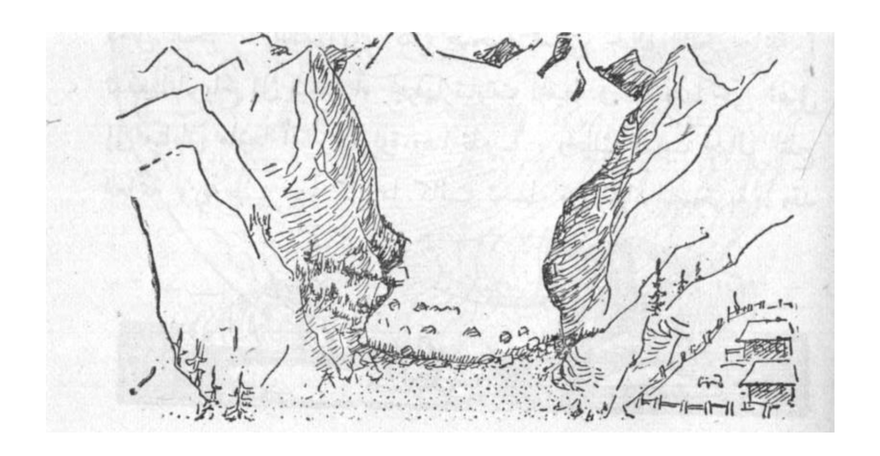
وهذا هو الذي يحدث في نهر الجليد. ذلك لأن الطبقة الدنيا من الثلج تذوب شيئا فشيئا بسبب زيادة وزن الجليد الذي يضغط عليها من أعلى، وبذلك تصبح هذه الطبقة زلقة. وحينئذ تبدأ هذه الكتلة الهائلة



من الثلج والجليد في الانزلاق على سطح الجبل ببطء شديد، وتصبح هذه الكتلة نهرا من الجليد يتحرك حركة بطيئة متثاقلة. ويسمى هذا النهر "نهر الجليد".

## عمل نهر الجليد

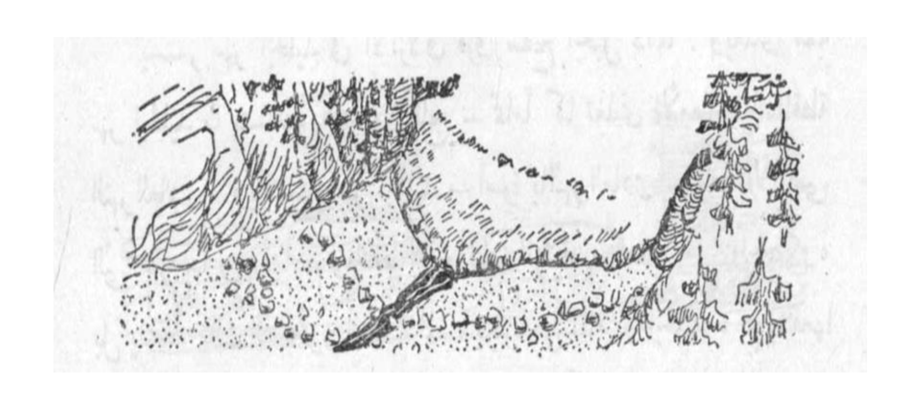
يستمر نهر الجليد في الانزلاق فوق سفح الجبل دائما. ويغذي قمة نهر الجليد ما يتساقط عليه من ثلج – تماما كما تغذي الأمطار المتساقطة النهر العادي. ويكتسح نهر الجليد – أسوة بالنهر العادي – تلك الأراضي التي يمر بها ويجرفها. ويلتقط الثلج أثناء انزلاقه حبات الرمل والحصى، بل يلتقط تلك الصخور السائبة المستديرة بفعل الماء أو الجليد، ثم يدفعها أمامه على سفح الجبل، فيجرشها ويحطمها أو يبشرها ويبريها تحت ضغطه الهائل؛ كما ينحت الجبل الذي تحته أو يخدشه. ويصبح هذا الجبل الصخري – سنة بعد أخرى – وقد طحنه هذا النهر الجليدي.



ويستمر انزلاق نهر الجليد – بما يحمله من تلك المواد الصخرية على سفح الجبل حتى يصل إلى نهايته. وقد يتلاشى نهر الجليد بعد جزء من الطريق عند أسفل الجبل حيث تكفي حرارة الهواء لإذابة الثلج والجليد.

ومن ثم ينحدر الجليد المذاب والثلوج تاركة وراءها المواد الذائبة

الصخرية التي كانت تحملها وقد تكدس بعضها فوق بعض.

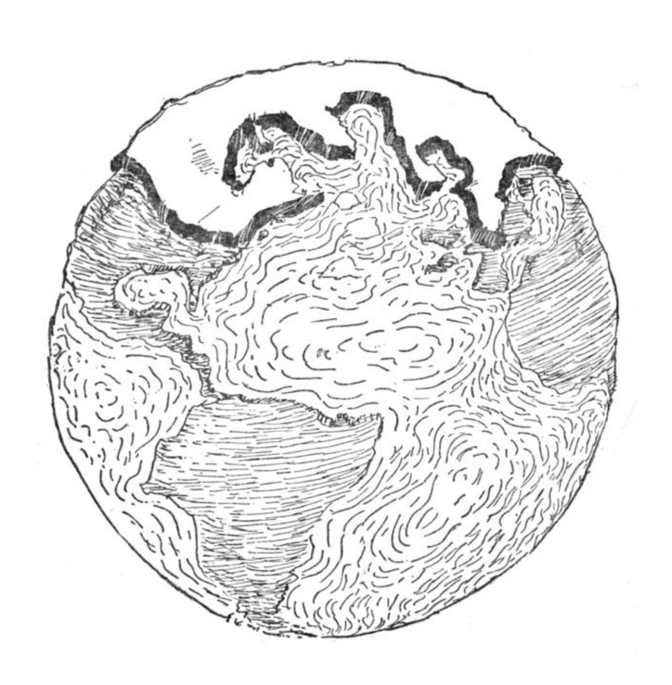


تذوب أنهار الجليد، ويتخلف عن ذوبانها تلك المواد الصخرية التي كانت تحملها.

وإذا كان الهواء باردا عند أسفل الجبل، استمر نهر الجليد على طول الطريق كله صوب البحر دون أن ينصهر (أو يذوب). فإذا دخل البحر، انقسم إلى كتل ضخمة تسمى جبال الثلج العائمة، تدفعها الرياح إلى البحر أو تجرفها تيارات المحيط في طريقها حتى تصل إلى مناطق ماؤها أكثر حرارة وهنا تذوب. وحيث تذوب جبال الثلج العائمة، يترسب فيها كل ما كانت تحمله من المواد الصخرية. وقد يحدث ذوبان هذه الثلوج في مكان يبعد مئات الأميال عن سفوح الجبال التي انحدرت منها.

وقد حدث منذ آلاف السنين أن كانت الأرض أشد برودة مما هي عليه الآن، فكانت أنهار الجليد تغطي أرض كندا، وجزء كبيرا من مساحة الولايات المتحدة، كما كانت تغطي معظم أنحاء أوروبا. وكانت تلك الأنهار الجليدية عريضة عميقة، لدرجة أنها كونت طبقة متسعة من الثلج بلغ

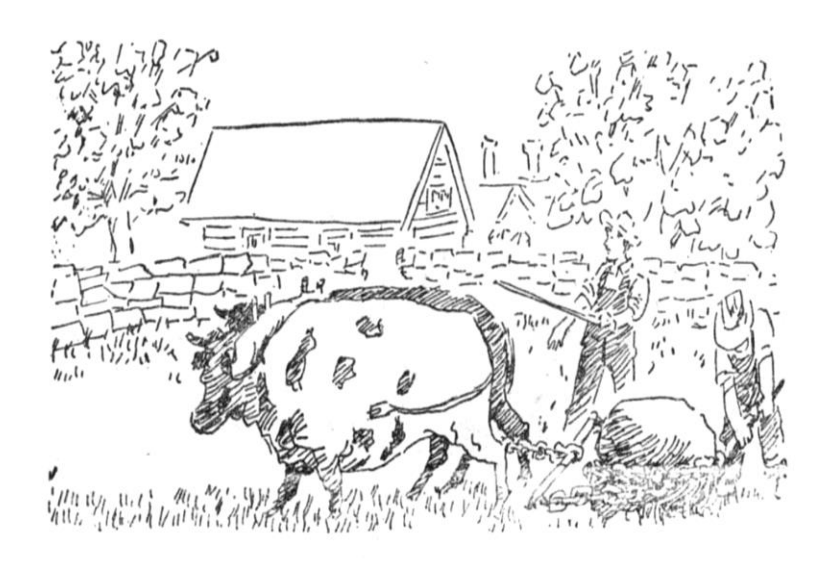
سمكها عشرة آلاف قدم أو تزيد. وقد سطرت هذه الكتلة الضخمة من الثلوج قصتها، ودونتها في طريقها الذي مرت به.



وقد رأيت كيف أن هذه الأنهار الضخمة تجرف ما تصادفه في طريقها فوق الأرض، وكيف أنها في حركتها البطيئة، تنحت الصخر وتحفر الأودية، ثم تخلف وراءها خدوشا وفجوات في تلك الصخور وكأنها مشط مارد مر فوق هذه الجبال. ويمكنك أن ترى الآثار والعلامات مطبوعة على الصخور التي مرت فوقها أنهار الجليد.

فالثلج حيث ذاب، قد أسقط ما كان يحمله من صخور، ورمال لمسافة ربما قد وصلت إلى آلاف الأميال. وقد تستطيع أنت اليوم أن تمر

بصخرة ضخمة دخيلة غريبة عما يجاورها من صخور وناتئة عما حولها من أرض، فإذا ظهر لك أن تلك الصخرة تختلف في لونها وفي طبيعتها وتكوينها عما يجاورها من الصخور الأخرى، أدركت تماما أن نهرا جليديا قد تركها حيث هي، ومعظم الصخور التي راها متناثرة هنا وهناك في حقول نيو إنجلند[٦] قد جلبتها معها أنهار الجليد التي ذابت وخلفتها في مكانها.

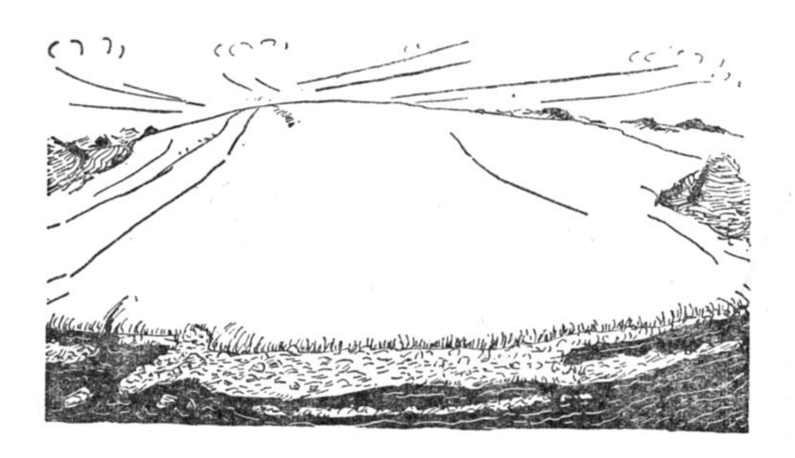


وقد كانت هذه الصخور الجليدية عقبة كأداء للفلاحين الذين حاولوا حرث التربة في تلك البقاع بعد ذلك بآلاف السنين.

هذا وقد غيرت أنهار الجليد مناطق شاسعة من الأرض، وذلك بما رسبته فوقها من مواد جليدية جلبتها معها من الجبال. فكم ردمت من بحيرات وأنهار، وكم شيدت من أراض جديدة فوق الماء.

(٦) نيو إنجلند– في الولايات المتحدة الأمريكية على ساحل الأطلنطي.

فقطعة الأرض التي تسمى لونج أيلاند(٧) إن هي إلا متسع من اليابس يبلغ طوله مائة وخمسين ميلا، وقد تكونت هذه الجزيرة من مواد دفعتها الثلوج أمامها وجرفتها أنهار الجليد، ومن ثم تركتها حيث هي فتراكمت بعد ذوبان الثلج والجليد.



جزيرة لونج أيلاند مدينة بوجودها لنهر من أنهار الجليد، بناها منذ ألف سنة

وقد أحدثت أنهار الجليد – في الواقع – تغيرات عديدة في سطح الأرض، فكم فتتت من جبال فتناثرت أجزاؤها هنا وهناك. كذلك ترى أن أنهار الجليد – وهي تنزلق على سفح جبل من الجبال – تفتت هذا الجبل فيتأكل ثم ينتهي به المطاف في البحر.

## الرياح تفتت الجبال

حينما تسير فوق أرض رملية في يوم عاصف ترى أن الرمال وقد

(٧) لونج أيلاند جزيرة في المحيط الأطلسي تجاه الساحل الشرقي للولايات المتحدة الأمريكية.

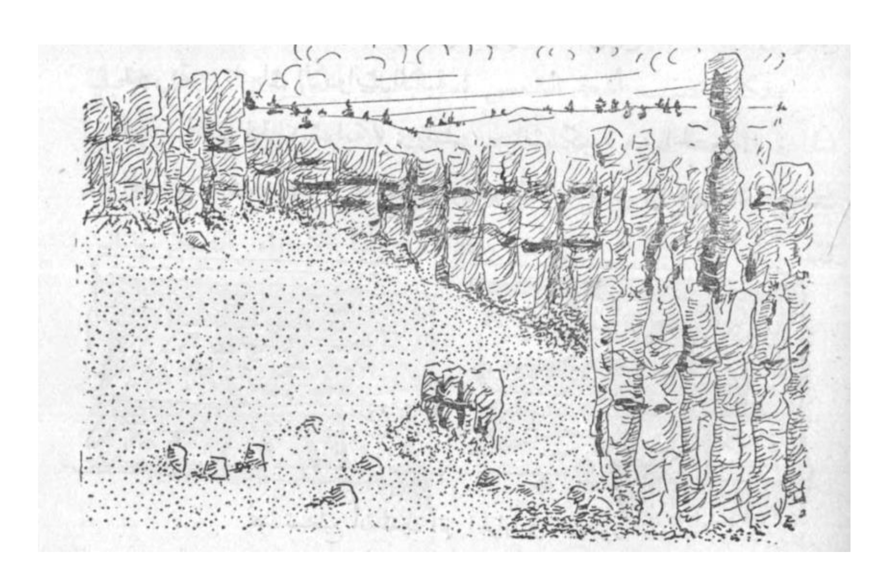
أثارتها الرياح تدور في كل مكان، حتى إنك تشعر بحبات الرمل الرفيعة وهي تلفح بشرتك. وهكذا ترى كيف تجعل الرياح من الرمال عاملا يخدش ما يصادفه، ويفتته تماما كما يفعل ورق الصنفرة.



فهذه الرمال تستطيع إذا عصفت بها الرياح أن تخدش أشد الأجسام صلابة وتفتتها، فتبلى، وعلى مر الزمن تستطيع هذه الرمال أن تزيل من الوجود أشد الصخور صلابة. وهذا هو ما يحدث تماما في بقاع كثيرة من العالم.

ففي الصحراء الغربية نرى الصخور وقد نحتتها الرمال وصورتها في أشكال عجيبة، فمنذ آلاف السنين أخذت هذه الرمال تدفعها الرياح في تفتيت تلك التلال والجبال قليلاقليلا. وقد تكاتفت الرياح العاصفة مع تلك الرمال المدببة الحادة في نحت الصخور، فأصبحت تحكي قصة واضحة للطريقة التي تلاشت بها جبال من فوق سطح الأرض.





## أشعة الشمس تشقق الصخور

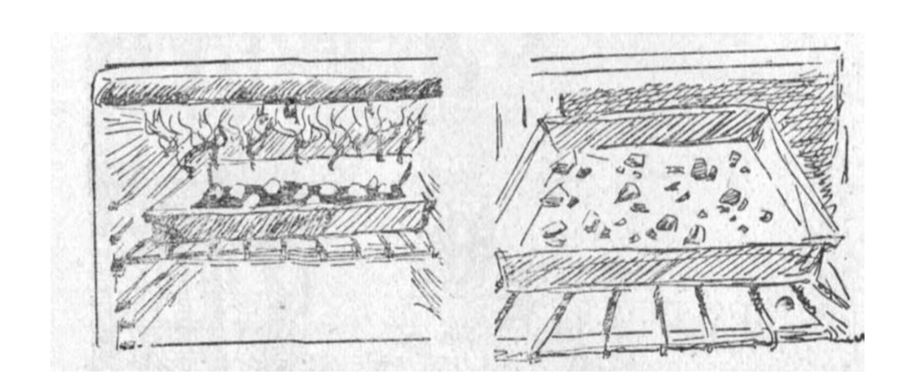
لو أنك خرجت في رحلة إلى الريف، وسرت عند سفح جبل شديد الانحدار، لرأيت مجموعة ضخمة من الصخور وقد تراكمت بعضها فوق بعض. وهذه الصخور آتية من سفح الجبل نفسه أو من قمته، تفتتت وانحدرت، لا بفعل الديناميت، ولا بفعل مثقب ضخم قوي، ولكن بقوة الماء والرياح وأشعة الشمس.

ومن العسير أن يتصور المرء أن شيئا صلدا قويا ثقيلا كالصخور – يصعب عليك حتى أن تحمله بيدك – يمكن أن يتفتت بتأثير أشعة الشمس. ولو أنك أردت أن ترى كيف تشقق حرارة الشمس الصخور لوجب عليك أن تنتظر زمنا طويلا، ولكنك تستطيع أن تختصر هذا الزمن إذا استعنت بحرارة فرن يحل محل حرارة الشمس.

**تجربة:** تلزمك الأدوات الآتية:

فرن تركب فوقه (شواية)، وعشر حبات كبيرة من الحصى.

**العمل:** ضع حبات الحصى فوق (الشواية) أو في وعاء مسطح، ثم قرب هذا الوعاء المملوء بالحصى من اللهب قدر ما تستطيع، ثم أشعل اللهب إلى أقصى طاقته، واتركه بضع دقائق.



هنا تستطيع أن تدرك أثر الحرارة في الصخور

**الملاحظة:** سترى بعد دقيقة أو دقيقتين أنك تسمع صوت فرقعة نتيجة لتشقق حبات الحصى.

ولعلك رأيت الظاهرة نفسها تحدث في الأحجار التي تحيط بالنيران التي تتوسط مجلس السمر في معسكر الكشافة، وسبب هذه الظاهرة أن الصخور وأغلب الأجسام تتمدد بالحرارة فيزداد حجمها، فالقشرة الخارجية من حبات الحصى قد سخنت فتمددت، بينما داخلها لم تصله الحرارة تقريبا، ولذلك يتمدد ببطء.

وصخور الجبال تلفحها حرارة الشمس وتؤثر فيها طوال النهار، وإن كان أثرها لا يبلغ أثر الفرن على حبات الحصى، بيد أن الشمس دائبة الأثر في هذه الصخور منذ أمد بعيد.

وهكذا تضرب أشعة الشمس قمم الجبال العارية والسلاسل الجبلية الحادة المعرضة لها، وهكذا تتمدد تلك الأجزاء قليلا قليلا، وأخيرا تتشقق وتنكسر، ويبقى الجبل وقد أصبح أقل ارتفاعا مما كان، وقد فقد أيضا ما فيه من نتوءاتحادة .. أما الأجزاء الصخرية التي تنفصل، فإنها تتدحرج حتى تصل إلى أسفل الجبل. وربما أتيحت لك الفرصة لركوب السيارة، والسير قريبا من قاعدة جبل من الجبال، وحينئذ ربما تشاهد لافتة كتب عليها "احترس من الصخور المتساقطة". وحرارة الشمس هي السبب في إزاحة بعض هذه الصخور. ثم إن قمم الجبال العالية الصخرية دائما في حالة تآكل وتحول من الشكل المدبب إلى الشكل المستديرة، بتأثير حرارة الشمس الدفيئة الهادئة.




## التجمد يكسر الصخور

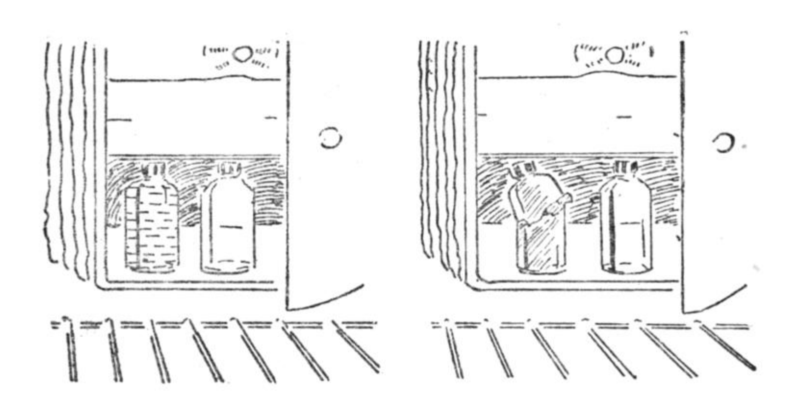
والبرودة تكسر الجبال بطريقة أخرى، وذلك حين تتجمد المياه في تلك الشقوق التي تتخلل الصخور، ولعلك شاهدت وعاء مليئا باللبن المتجمد، ومن ثم يحتاج إلى حيز أكبر، وكذلك الماء فإنه يتمدد حينما يتحول إلى ثلج، وبذلك يحتاج أيضا إلى حيز أكبر. فإذا تمدد الماء دفع ما أمامه بقوة؛ ويمكنك أن تلمس هذه القوة إذا أجريت التجربة الآتية:

**تجربة:** الأدوات اللازمة:

قنينتان صغيرتان لكل منهما غطاء محوي– ماء.

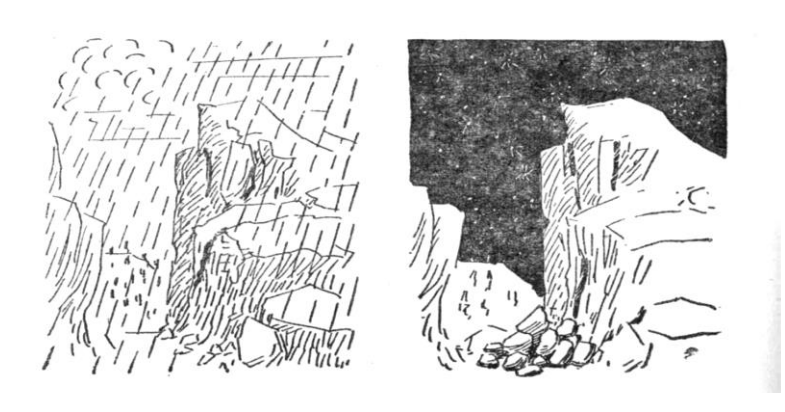
**العمل:** املأ إحدى القنينتين بالماء إلى حافتها. والآن أحكم سد القنينتين المملوءة والفارغة بوساطة الغطاء المحوي، ضع القنينتين في مبرد الثلاجة الكهربائية واتركهما ساعة تقريبا، ثم شاهد ما يحدث لهما.

ستجد أن الماء في إحدى القنينتين قد تحول إلى ثلج، وأن هذه القنينة قد انكسرت، أما القنينة الفارغة فلم تنكسر، لأنه لم يكن بها ماء يتمدد بالتجمد فيؤدي إلى كسرها.



ولا شك أن كسر قنينة من الداخل يحتاج إلى دفعة قوية، والماء حين يتمدد عندما يتحول إلى ثلج يدفع بقوة كبيرة.

وهذا هو ما يحدث تماما فوق سفوح الجبال الصخرية في الأيام الباردة. ففي أثناء النهار يتجمع ماء المطر أو المياه الذائبة من الثلوج في شقوق الجبال، وفي الجيوب الصخرية. أما بالليل – حين تنخفض درجة حرارة الجو – فيتحول هذا الماء إلى جليد يتمدد ويتسبب عن ذلك التمدد تشقق كتل من الصخر، تسقط من الجبل وتنضم إلى غيرها من الصخور عند أسفل الجبل.



## النباتات تكسر الصخور

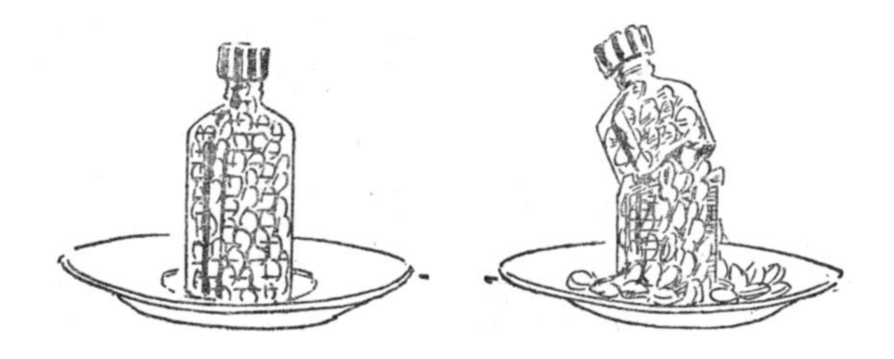
وللنباتات دور في تكسير الصخور، فالبذور النامية التي تنتفخ عندما تلامس الرطوبة لها قوة خارقة، ولكي تدرك ما لها من قوة أجر التجربة الآتية:

**تجربة:** الأدوات اللازمة:

بضع حبات جافة من الفول – زجاجة ذات غطاء محوي مملوء بالماء.

**العمل:** ضع أكبر قدر ممكن من حبوب الفول بداخل الزجاجة (سيدفع بعض الماء إلى خارج الزجاجة)، والآن أحكم إقفال الزجاجة بغطائها واتركها مدة ليلة في مكان دافئ.

الملاحظة: ستجد أن حبوب الفول – التي هي بذور في الواقع –



من كان يظن أن لهذه الحبوب تلك القوة الكبيرة والأثر الفعال؟

تنتفخ، حتى إذا ما أقبل الصبح ستجد أنها ربما انتفخت إلى درجة سببت كسر الزجاجة.

وبالطريقة نفسها نجد أن الصخور تنكسر بسبب ما قد ينمو في شقوقها وحفرها من حبوب، وأن جذور الشجرة التي تبدأ حياتها بذرة صغيرة، تستطيع أن تكسر كتلة كبيرة من الصخر، فأنت ترى أن تلك الحبوب التي تنتشر على سفوح الجبال تتعاون جميعها في العمل على تكسير صخور ذلك الجبل.



تستطيع جذور النبات أن تحطم، كتلة ضخمة من الصخور

## النباتات تغير الصخور

هل سبق لك أن شاهدت عن قرب كتلة كبيرة من الصخر؟

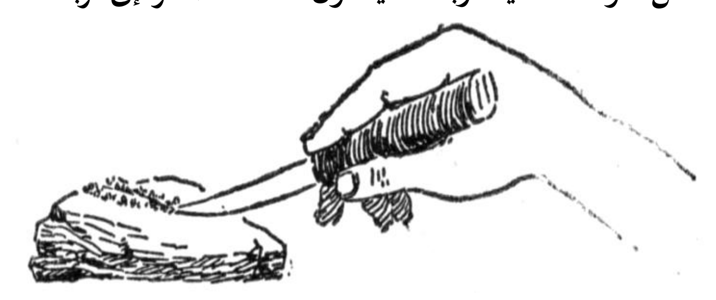
لو أنك فعلت ذلك لوجدت هذه الصخرة وقد انتشر على سطحها نبات أخضر أو أزرق مشرب بلون رمادي، يسمى حزاز الصخر (حشائش البحر). وهذا النبات قريب الشبه بطحالب الماء؛ وبعض هذه النباتات دقيق غاية الدقة يشبه الزغب الملون. وبعضها أكبر من ذلك حجما، ولكنها جميعا تشترك في ميزة واحدة، وهي قدرتها على أن تعيش فوق الصخور.



وكل نبات يحتاج في نموه إلى بعض الأملاح المعدنية التي توجد في التربة، وتحصل معظم النباتات على هذه الأملاح المعدنية بوساطة جذورها الممتدة في التربة الهشة. وأنت تعلم أن تلك الأملاح كانت أصلا جزءا من الصخور، فأذابتها مياه الأمطار وحملتها معها حتى تشربتها التربة.

وتعلم أيضا أن معظم النباتات تحصل على الأملاح اللازمة لها مذابة في الماء.

ولكن "حراز الصخر" يقوم بوظيفة أخرى أشد وأقسى، إذ ينبغي له أن يحصل على غذائه من الصخور الصلبة. ولكي يقوم بهذا العمل عليه أن يفرز عصارات خاصة تجعل الصخور طرية لينة، ثم يأتي ماء المطر فيذيب المواد المعدنية التي في الصخر بحيث يستطيع هذا النبات امتصاصها .. وهكذا نجد أن تلك النباتات تساعد على تكسير الصخور، بينما تمتص غذاءها من المواد المعدنية، وبذلك يتحول فتات الصخر إلى تربة.



وتتكون التربة حتى من النباتات الدقيقة الصغيرة التي تنمو على سطوح الصخور

فإذا عثرت على صخرة يغطيها حزاز الصخر، فانزع عنها جزءا من هذا النبات، ثم انظر إلى الصخر العاري، وستجد أنه قد تأكل قليلا.

فإذا أزلت بقايا النبات من سطح الصخرة بظفرك أو بمدية صغيرة، لاحظت أنه أكثر نعومة من تلك الأجزاء التي لا ينمو عليها النبات، أي إنك إذا شاهدت هذا النبات فكأنك تشاهد صخرا قد تحول جزء منه إلى تربة.

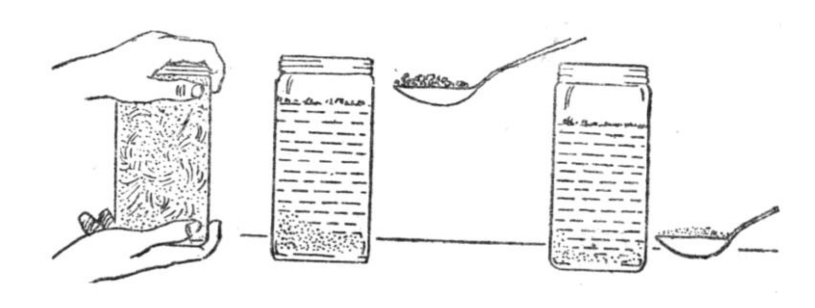
## ما هي التربة؟

حينما تسير للنزهة في الريف، فأنت لا تسير غالبا على أرض صخرية، بل تصادفك الصخور وقد نتأت فوق الأرض هنا وهناك.

ولكن معظم أجزاء هذه القشرة الأرضية عبارة عن صخور تغطيها تربة ينمو فيها النبات. إذن ما هي التربة؟ وكيف وصلت إلى هذا المكان؟ تستطيع الإجابة عن هذا السؤال إذا قمت بالتجربة الآتية:

**تجربة:** الأدوات اللازمة:

إناء صغير من الزجاج له غطاء محوي – كمية من التراب تحصل عليها من حديقة بيتك.



**العمل:** ضع حفنة من التراب داخل الإناء، ثم املأه بالماء. وأحكم سد الإناء ثم وجه واتركه دقيقة أو دقيقتين.

سوف تجد أن معظم التراب يرسب في القاع، بينما يبقى بعضه طافيا على سطح الماء.

والآن: أزل المادة الطافية فوق الماء واختبرها.

تجد أنها قاتمة لينة – وإذا فحصتها عن قرب فستجد أنها مكونة من مواد نباتية متفتتة، هي جذور وسيقان وأوراق نباتات تقادم عليها العهد.

والآن اعمل ما يأتي: صب ما تبقى من الماء، ثم اختبر المادة التي ترسبت في قعر الإناء. وسوف تجد أنها مكونة من ذرات من الرمل، وحبات صغيرة من الحصى. أي أنها بعبارة أخرى مكونة من أجزاء دقيقة من فتات الصخر.

فالتربة إذن تتكون من مواد نباتية، وأخرى صخرية، والمواد النباتية إن هي إلا بقايا فتات النبات، تختلف منذ عام أو يزيد. وقد يصل بها العهد إلى زمن بعيد. أما الصخر – الصخر العاري – فقد بدأ ينكسر ويتشقق بتأثير الحرارة والبرودة والمطر والثلج. ومن ثم ينمو عليه "حزاز الصخر"، ويصب عصارته في تلك الصخور العارية، فيحولها تدريجيا إلى صخور هشة ناعمة.



ثم تستطيع أنواع أخرى من النبات أن تنمو في ذلك المزيج من فتات الصخر ونباته. فإذا ماتت تلك النباتات تكسرت إلى جزيئات صغيرة، وأصبحت جزءا من التربة، وفي هذه التربة الناعمة تنمو نباتات أخرى لا تلبث أن تموت وتتحلل. وبذلك تصبح جزءا من التربة مرة أخرى ..

فكأن النبات وضوء الشمس وحرارتها، قد حولت تدريجيا تلك الأرض الصخرية الصماء إلى تربة هشة ناعمة بتأثير العوامل الجوية والماء.

وكأن الصخر الصلد قد تفتت ثم تحول إلى طبقة من التربة الغنية الخصبة رويدا رويدا، غير أن هذه الطبقة من التربة القريبة الغور، لا يزيد عمقها على بضع أقدام، ومع ذلك فإن هذه التربة القريبة الغور، كانت يوما من الأيام صخرا تنمو فيه كل النباتات التي تصلح لغذائنا، كما ينمو فيها ذلك الكساء الأخضر الجميل الذي يغطي القشرة الأرضية.

## الصخور المتحولة

تنتشر الصخور المتحولة في كل أنحاء العالم، وهي دائما في تغير وتحول، فعلى سفوح الجبال العالية تتشقق الصخور بفعل حرارة الشمس، كما

تتفتت بتأثير المياه المتجمدة. ثم تجرفها أنهار الماء وأنهار الجليد فتدفعها أمامها. ثم أنها تتأكل بتأثير حزاز الصخر، كما تذيبها المياه الجارية.

وقد بدأ الصخر يتحول إلى تربة — في كل بقاع العالم — منذ أجيال لا حصر لها. ولكن رحلة الصخور هذه لا تنتهي ولن تنتهي أبدا.

فالكائن الحي يشتمل في كل جزء من جزيئاته على أملاح معدنية كانت في يوم من الأيام صخرا قد تحول إلى تربة. ويرجع الفضل في امتصاص هذه الأملاح المعدنية إلى جذور النبات. ومن ثم استخدمها النبات في بناء سيقانه وأوراقه، وأزهاره وثماره، فإذا ما أكل هذا النبات حيوان أصبحت تلك الأملاح المعدنية جزءا منه لا يتجزأ، ومع ذلك لا تنتهي رحلته عند هذا الحد، إذ لا يبقى شيء في العالم دون أن يتحور أو يتعدل على الدوام.

فالصخر لا يبقى أبد الدهر صخرا، والورد لا يظل وردا على الدوام. إن ثمرة التفاح التي تأكلها اليوم لذيذة طازجة، إنما يرجع تاريخ حياتها قرونا عديدة إلى الوراء كعمر التلال الصخرية نفسها، وحينما تأكل التفاحة تصبح بعض الأجزاء الدقيقة من تلك التلال جزءا منك!

تصور ما كانت عليه هذه التفاحة قبل أن تصبح جزءا منك!

ربما كانت في يوم من أيام الخريف أوراق أشجار تساقطت وتراكمت في التربة بالقرب من جذع شجرة التفاح، وربما كانت قبل ذلك بسنوات جزءا من قشرة بيضة طائر من الطيور .. وربما كانت جزءا من صخر كلسي في أحد الكهوف المظلمة. وربما كانت في لحظة من اللحظات جزءا من جناح

فراشة تطير في الهواء. وربما كانت في زمن من الأزمان حبة من حبات القمح زرعها أحد الهنود.

فكل ما على الأرض يتجدد تكوينه مرة بعد أخرى من نفس مواد الأرض. فالمادة لا تفنى، إذ أن كل هذه الأجسام وتلك المواد كانت يوما من الأيام – مرة ومرات – أجزاء تدخل في تركيب كثير من الأشياء وفي كثير من الأماكن. وأنت حين تأكل تفاحتك اليوم تصبح هذه الأجزاء من مكونات الأرض وأجسامها وموادها جزءا منك، وأنت بدورك جزء لا يتجزأ من العالم الذي تعيش فيه.



## اليابس والماء يلتقيان

هناك حركة مستمرة عند ساحل البحر حيث يلتقي اليابس بالماء. فالأنهار تصب ما تحمله من تربة وصخور ذائبة في جوف البحر الصاخب ولقد رأيت كيف تتفتت المرتفعات فتصير منخفضات بتأثير كثير من العوامل المختلفة. وهنا – في هذا المكان الذي يلتقي فيه اليابس بالماء – ترى عاملا آخر من العوامل التي يتآكل بسببها اليابس.

فعلى طول حافة الماء تتلاطم الأمواج، فتضرب الشاطئ وتصطدم به فتغير معالم الساحل.

لعلك تعجب للطريقة التي تتكون بها الأمواج، فلماذا لا تحاول أن تحدث أمواجا بطريقة صناعية؟! إنك تستطيع أن تفعل هذا إذا جلست في حوض الاستحمام .. وانتظرت حتى يسكن الماء ويهدأ، ثم نفخت بفمك فوق سطح الماء .. إنك ترى أمواجا خفيفة تأخذ في التكون.

وتتكون أمواج المحيطات والبحيرات بالطريقة نفسها، ألا وهي تأثير الرياح التي تهب على سطح الماء.



فعندما تصطدم الأمواج بالساحل اصطداما دائبا ليل نهار، – اصطداما يستمر آلاف السنين – تحدث تلك الأمواج في اليابس تغيرات لا حد لها. ونستطيع نحن أن نشاهد بعض هذه التغيرات بينما تستغرق تغيرات أخرى زمنا طويلا.

## تحول الحصى إلى رمال

لو قدر لك أن تسير حافي القدمين على شاطئ مملوء بالحصى، لرغبت في أن يتحول ما على الأرض من قطع الحصى الحادة إلى رمل ناعم. وتشاهد هذه الأمنية محققة حيث تصطدم الأمواج بشاطئ البحر.



فحينما تتكسر الأمواج واحدة في إثر أخرى، وتفتت الحصى الذي تجبها، تتدافع حبات الحصى بعضها فوق بعض مدثة ذلك الصوت الذي تسمعه على الشاطئ، ومن ثم تبلي أطراف الحصى الحادة فتصير ناعمة مستديرة.

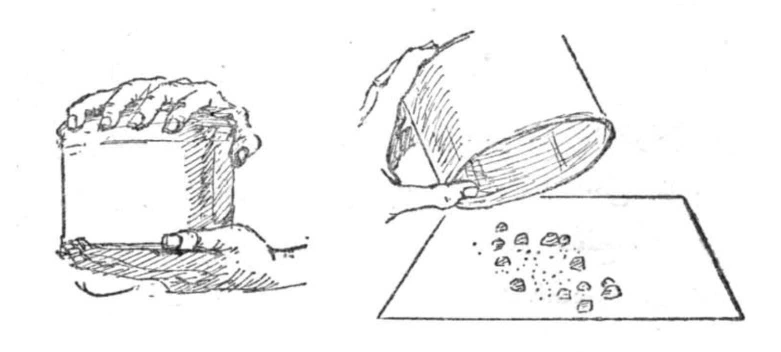
وتستمر هذه العملية حتى تتشقق حبات الحصى وينفصل بعضها عن بعض. فيصغر حجمها شيئا فشيئا حتى تتحول في النهاية إلى جزيئات دقيقة ناعمة من الرمل.

ونحن لا نتصور أن الأمواج تحيل الحصى إلى رمال بين يوم وليلة، ولكي تأخذ فكرة واضحة عن الزمن الذي تستغرقه هذه العملية، قم بالتجربة الآتية:

**تجربة:** الأدوات اللازمة:

علبة فارغة من الصفيح لها غطاء – حفنة من الحصى الكبير – قطعة من الورق القاتم اللون أو القماش.

**العمل:** اغسل حبات الحصى لتتخلص مما بها من الرمال، جففها ثم ضعها في العلبة – رج العلبة بشدة إلى أعلى وإلى أسفل مائة مرة، ثم أفرغ حبات الحصى فوق الورقة.



ستجد أن كمية قليلة من حبات الرمل قد ظهرت مع الحصى.

ما الذي تستنتجه من ذلك؟

حينما قمت برج العلبة مائة مرة، فكأنك سحقت الحصى بأكثر مما تفعل الأمواج في ساعة كاملة.

ومع ذلك فإنك لم تحصل إلا على عدد قليل من ذرات الرمل.

كم تستغرق إذن عملية تحويل الحصى كله إلى رمال؟

لكي تكون فكرة عن هذا الزمن، تصور حفنة من الرمال المتوسطة الحجم تحتوي على نحو خمسين وعشرين مليونا من حبات الرمال.

طبعا تختلف الأمواج بعضها عن بعض في قوتها، كما تتكون بعض حبات الحصى من صخور تختلف في الشدة والصلابة، كما يلاحظ أيضا أن أصداف البحر تتفتت ثم تتحول إلى رمال ناعمة أسرع من تحول حبات الحصى، ولهذه الأسباب كلها لا تستطيع أن تحدد تماما كم من الزمن تستغرق الأمواج في عملية تحويل ذرات الحصى فوق الساحل إلى رمال ناعمة ملساء، وعلى أية حال فيمكنك أن تكون حذرا في تقديرك وتقول إنه بصفة تقريبية لا تقل عن خمسين ألف سنة.

## أمواج الساحل الصخري

ليس تحويل حبات الصخور إلى رمال هو كل ما تقوم به الأمواج، فهي تواصل اصطدامها بالسواحل الصخرية العالية حتى تحفر فجوات على طول خط الماء، وهذا يجعل الصخر فوق سطح الماء بارزا كأنه موضوع فوق رف، وتستمر الأمواج في نحت الصخر الذي تحتها حتى يأتي وقت في النهاية تصبح فيه تلك الصخور البارزة على هيئة الرف قائمة على غير أساس، فتتهاوى وتتداعى وقد كونت كومة من الصخور على الساحل. ولكن الساحل الصخري لا يبقى على هذه الحال دائما، ذلك لأن اصطدام الأمواج بالصخور اصطداما دائبا، يعمل تدريجيا على تكسير الكتل الصخرية الكبيرة وتحويلها إلى قطع صغيرة من الصخور، ثم إلى حبات صخرية، وأخيرا إلى رمال.



## الساحل دائب التغير

الكتل الصخرية العالية تهاوي، والأجزاء الحادة المدببة تقتطع، والحصى والأصداف البحرية تدفعها الأمواج عاليا وتحولها إلى ذرات من الرمل الناعم، تختلط بالصخور الصغيرة التي انفصلت من كتلها الكبيرة، وفي الوقت نفسه تأتي الأنهار وتصب في المحيط ما تحمله من رمال وتربة، وتستمر الأنهار آناء الليل وأطراف النهار في صب حمولتها في المحيط، فتعمل على إنشاء الدلتا وردم الخلجان والموانئ ... وهكذا يتغير الساحل تدريجيا بتأثير النهار التي تصب في البحار والمحيطات، كما يتغير بتأثير هذه البحار وتلك المحيطات أيضا.

فالأنهار والمحيطات تتعاون في العمل الدائم سنة بعد سنة، وجيلا بعد جيل، على تغيير السواحل الصخرية الصلدة الخشنة فتحولها إلى سواحل ناعمة مستقيمة.



## ما أهمية ذلك؟

ما وجه الاهتمام في أن يكون الساحل مستقيما أو متعرجا؟

إن لهذه المسألة أهمية كبيرة عند سكان السواحل أنفسهم، فحيث يكون الساحل متعرجا به تجاويف، وتوجد الموانئ الآمنة الصالحة لرسو السفن، وهذه الموانئ صالحة إذا كان عمقها كافيا يسمح للسفن الكبيرة أن تدخل إليها. وآمنة لأن الأرض المنحنية على الجانبين تحمي السفن من تأثير الرياح الشديدة ... فإذا كان الساحل مستويا مستقيما كانت الخلجان فيه قليلة، وكان قاع البحر بدرجة لا تسمح للسفن الكبيرة بالاقتراب من الساحل، وكذلك لا تكون السفن في مأمن من العواصف، والميناء الصالح معناه أن سفنا كثيرة تأتي إليه محملة بالبضائع، فتنشأ فيه حركة دائمة، ويتصل بغيره من البلاد الأخرى أخذا وعطاء.

إذن، تحدث تغيرات مستمرة على طول الساحل، حيث يلتقي اليابس بالماء، فالأمواج تضرب الشواطئ بقوة دائمة مستمرة، وكل موجة منها تحدث تغييرا في العالم.

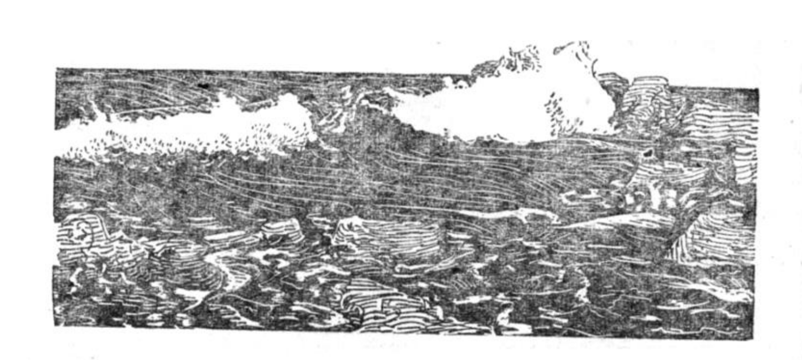
# الجزء الثاني

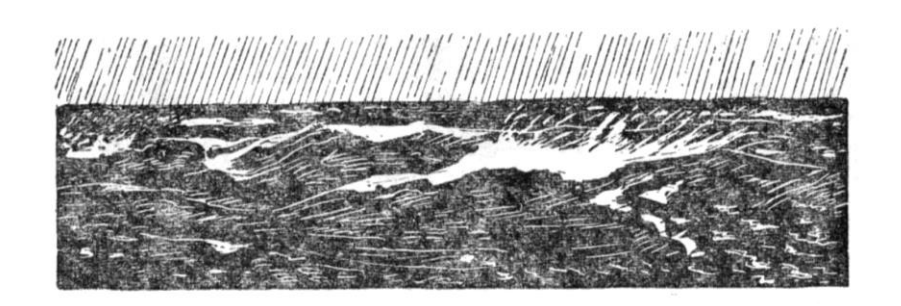
## البحر يمتلئ

## المحيط

يبدو أن كل شيء يتجه في طريق واحد صوب المحيط، فالأنهار تصب في المحيط، والجبال تنحتها الأنهار وتنقلها رويدا رويدا إلى المحيط. والتربة والأملاح المعدنية أيضا مصيرها إلى المحيط، وكذلك نجد أن الأمواج تعمل على نحت اليابس عند السواحل، وجرف الأجزاء التي تنحتها وقذفتها في المحيط.

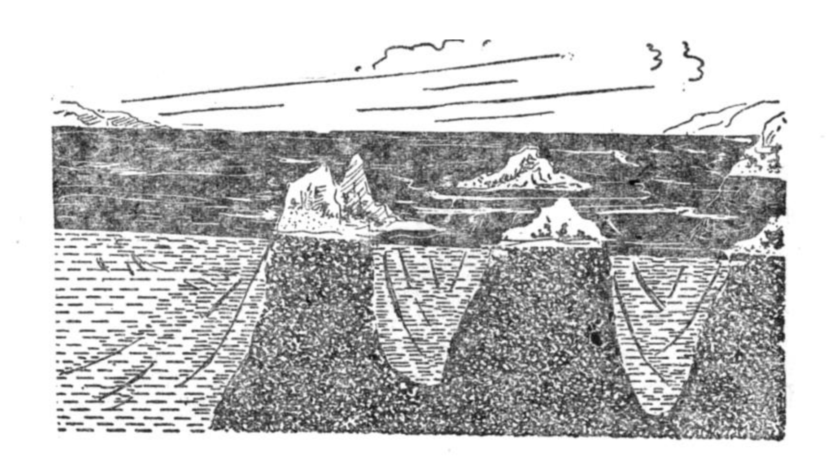
حسن إذن؛ هل هذا المحيط حفرة عميقة لا قرار لها، تبتلع دائما ما يصب فيها من يابس؟ ما عمقها؟ وما اتساعها؟ وأين تنتهي؟





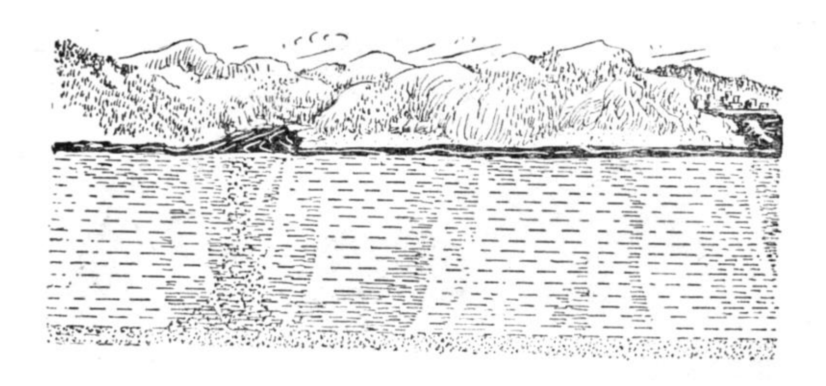
## نظرة إلى المحيط

لعلك لم تر من المحيط إلا سطحه، أما إذا كنت تجيد السباحة، فإنك في هذه الحالة تستطيع أن ترى منه بضع أقدام تحت سطح الماء .. ولكن المحيط– بطبيعة الحال – أعمق من ذلك بكثير. إذ يزيد عمقه في معظم أجزائه على ميلين .. وهذا غور بعيد، وعمق كبير بالنسبة إليك لو أنك حاولت النزول إلى القاع، غير أن قاع المحيط نفسه ليس



سوى حفرة ضحلة بالنسبة إلى تلك الكرة الأرضية الضخمة، وليست هذه الحفرة سهلا مستويا ولذلك توجد تحت سطح الماء تلال وأودية.

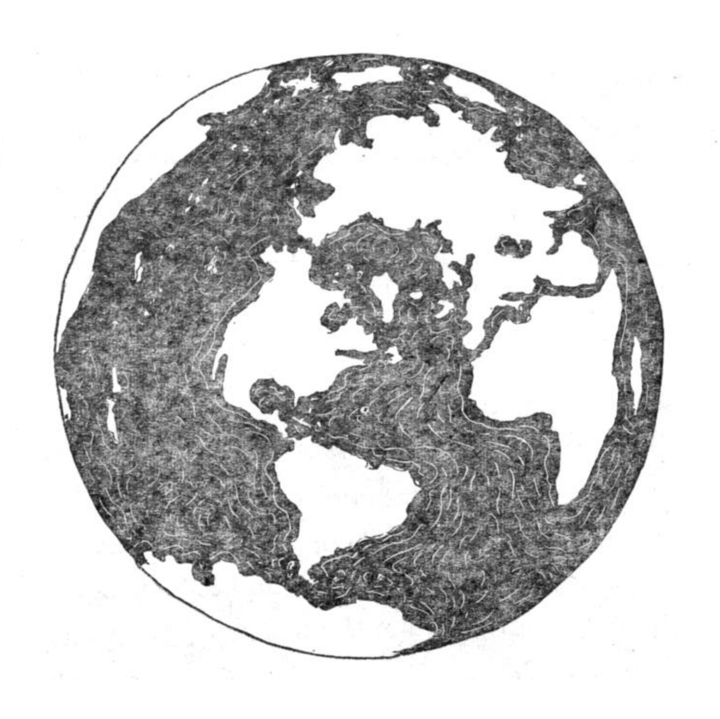
ويصل عمق بعض هذه الأودية إلى سبعة أميال تحت سطح الماء، كما يبلغ ارتفاع بعض التلال حدا يرتفع به عن سطح الماء، وتتكون الجزر في عرض المحيط من الأجزاء التي تصل فيها قمم تلك الجبال فوق سطح الماء فتراها ظاهرة للعيان.



عرفنا أن للمحيط سطحا وقاعا، ولكن أين ينتهي؟ هل ينتهي عند سواحل أوروبا أو أسيا أو عند القطب الشمالي؟ أين ينتهي تماما؟ وفي أي اتجاه تسير وتبحر، إذا أردت أن تصل إلى نهايته؟

إنك لا تستطيع أن تصل إلى نهاية المحيط أبدا لأنه ليست له نهاية. إنه محيط واحد عظيم يمتد حول العالم في كل اتجاه. وبما أن المحيط يمتد حول العالم، فإنك تستطيع أن تتجه إلى أي ميناء. ولا عبرة إذن بالطريق الذي تسلكه، أو بالأرض التي ترسو عليها؛ ما دام في استطاعتك أن تبحر حول هذا الجزء من اليابس متجها نحو مكان آخر في العالم.

وعلى الرغم من تلك الأسماء المختلفة التي نطلقها على أجزاء هذا المحيط الواحد، ألا وهي: المحيط الأطلسي، والمحيط الهادي، والمحيط المتجمد، فإن هذه لا تعدو أن تكون أسماء أطلقها الناس هنا وهناك على الجزء الذي يعرفونه من المحيط .. أما المحيط الكبير فإنه يغطي معظم بقاع العالم.



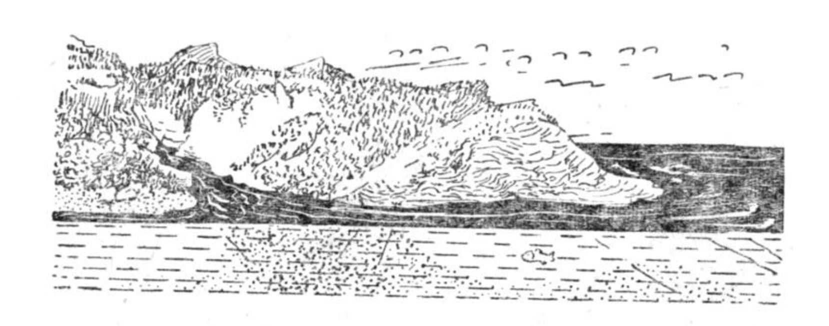
إن أسيا وأفريقيا، وأمريكا الشمالية وغيرها من المساحات الأرضية الشاسعة التي نسميها قارات، تعتبر في الحقيقة جزرا كبيرة في هذا المحيط الواحد العظيم.

والمحيط– كغيره من الأشياء – دائب التغير، فنحن نراه هادئا أحيانا، بينما نرى أمواجه – في أحيان أخرى – عالية ثائرة، وقد أخذت تتدافع إلى الشاطئ في قوة وعنف. وقد درست أحد التغيرات التي تطرأ على المحيط وعرفت كيف تزداد درجة ملوحة المحيط تدريجيا وببطء، كما تزداد نسبة الأملاح المعدنية فيه بسبب ما تحمله الأنهار التي تصب فيه من أملاح ومواد ذائبة.

وهناك نوع آخر من التغيرات يحدث باستمرار في قاع المحيط فهذا

القاع يردم تدريجيا يوما بعد يوم نتيجة لما يترسب فيه بانتظام من مواد دقيقة تصل باستمرار إلى هذا القاع في كل لحظة من لحظات الليل والنهار، وتتراكم هذه المواد في شكل طبقات واحدة فوق أخرى فما نوع هذه المواد التي تترسب باستمرار؟

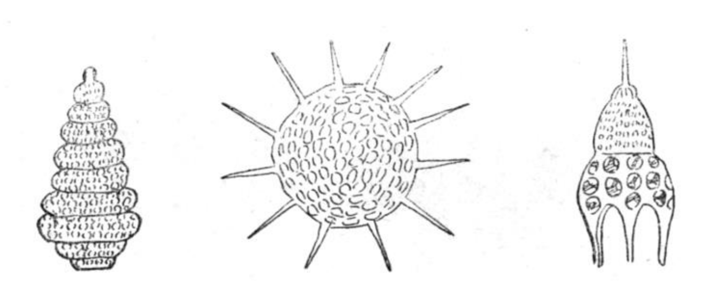
إنها مواد مختلفة الأنواع، فبينما ترسب الأنهار معظم ما تحمله من مواد رملية أو طينية حينما تصل إلى المحيط، تبقى بعض هذه المواد الخفيفة طافية فوق سطح الماء، فتحملها المياه أميالا إلى البحر حيث تترسب ببطء تدريجيا وعلى الدوام.



أما ذلك الفيض الدائم من المواد الدقيقة الذي يترسب بانتظام في قاع المحيط، فإنه يتكون غالبا من هياكل أجسام حية! فهناك على طول ساحل المحيط كائنات حية نباتية وحيوانية دقيقة الحجم لدرجة أن اللتر الواحد من ماء البحر يحوي منها الملايين. وهذه الكائنات الدقيقة من نبات وحيوان ذات أشكال متنوعة وأحجام مختلفة، ولكنها جميعا تتشابه في شيء واحد، إذ أن لها جميعا هياكل صغيرة صلبة، وتعيش هذه الكائنات فوق سطح

المحيط، ولكنها حين تموت تتحلل أجسامها الناعمة وتترسب هياكلها الصلبة ببطء في قاع البحر.

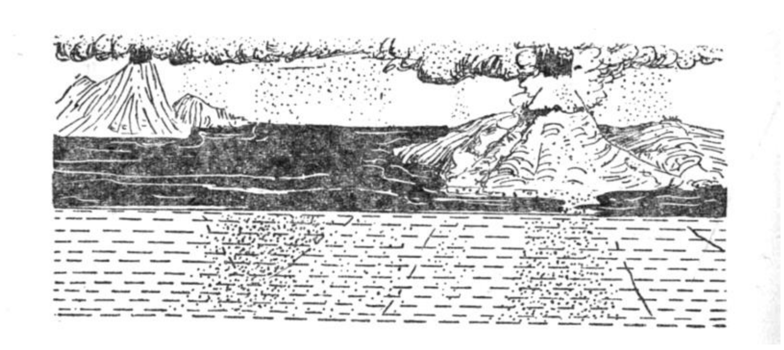
وعلى الرغم من أن هذه الهياكل دقيقة إلا أنها تترسب في قاع المحيط بكميات ضخمة هائلة، إذ يترسب منها ملايين كل يوم، فوق كل قدم مربعة من قاع المحيط. هذا فضلا عن هياكل أخرى ترسب أيضا في القاع، وهذه هي هياكل الأسماك، وغيرها من الحيوانات البحرية ماتت أو أكلت. ولقد استمرت هذه الكائنات الحية تقوم بعملية الترسيب هذه ملايين السنين لدرجة أنها كونت في بعض البقاع في قاع المحيط طبقات يزيد سمكها على عشرة آلاف قدم.



هنا تبدو لك هياكل هذه الحيوانات الدقيقة أكبر من حجمها الطبيعي بآلاف المرات

وهناك عامل آخر يعمل على ردم قاع المحيط، ألا وهو رماد البراكين، إذ يوجد منها عدد يبلغ حوالي ٤٠٠ بركان منتشر في جميع أنحاء العالم، وهي تثور بين الحين والحين، فتخرج منها سحب كثيفة من الرماد الناعم ترتفع في الجو، ومعظم هذه البراكين يقع بالقرب من المحيط، ومن ثم يسقط

معظم الرماد الناعم المتصاعد من فوهة البركان في الماء ويسقط نحو القاع في تيار هادئ مستمر.



وتستمر عملية بناء هذه الأكوام نتيجة لذلك الترسيب المنتظم، كما تترسب باستمرار هياكل الحيوانات المائية بأحجامها المختلفة – سواء أكانت كبيرة أم صغيرة أم دقيقة – كما تنفث براكين العالم مقادير عظيمة من سحب الرماد الناعم. أما الأنهار فإنها تصب دفعات هائلة من الرمل والتربة في كل ثانية من الزمن. وهكذا نجد قاع المحيط وقد أخذ يمتلئ بهذه الرواسب تدريجيا.

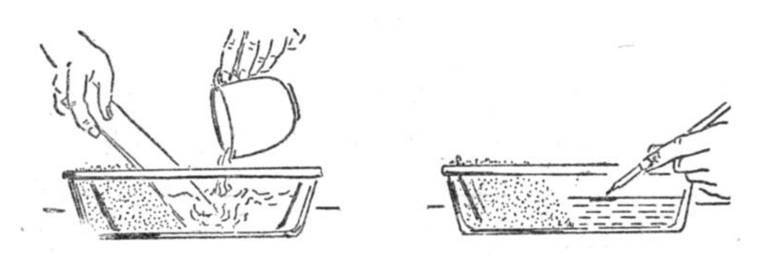
## عندما يردم (يمتلئ) قاع المحيط

حسن! ولكن ماذا يحدث عندما يأخذ قاع المحيط في الارتفاع؟ هل يفيض على الجوانب فيغمر السواحل والشواطئ؟ وهل سيكون لهذا أثر على الناس الذين لا يعيشون قرب الشواطئ؟ إليك تجربة توضح لك ما يمكن أن يحدث لو استمر ردم قاع المحيط.

**تجربة:** الأدوات اللازمة:

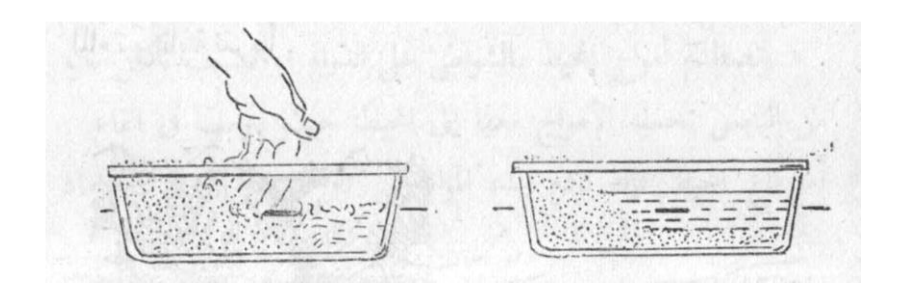
إناء مسطح من أواني الطهي، مقدار من الرمل يكفي لملء هذا الإناء إلى نصفه. فنجان، قطعة من الورق وبعض الماء.

**العمل:** كوم الرمل في جانب من الإناء بحيث يكون منحدرا كما ترى في الشكل، ضع قطعة الورق ملاصقة للرمل، ثم صب الماء ببطء حتى يمتلئ به نصف الوعاء، (ستحول قطعة الورق دون اختلاط الرمل بالماء)، ثم اسحب الورقة بعناية واهتمام. ارسم بقلمك الرصاص خطا فوق جدار الإناء يبين مستوى الماء فيه.

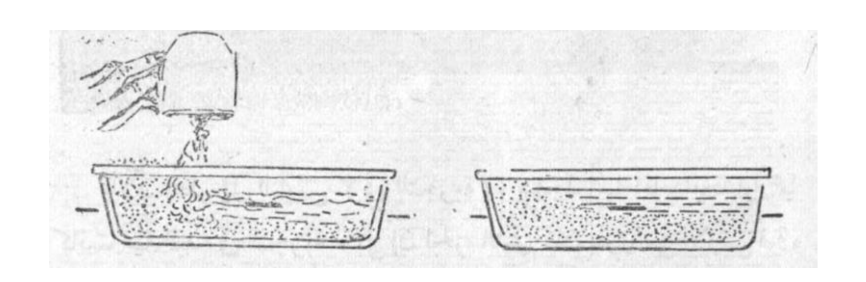


تستطيع الآن أن تمثل نوعا من التغيرات التي تحدث تماما في بعض بقاع العالم .. فالرمل الذي في الوعاء يمثل اليابس، والماء يمثل المحيط .. والآن ابدأ بعمل بعض الأمواج في مياه "المحيط" بوساطة راحة يدك .. لاحظ أن الرمل الذي على الشاطئ سينزلق في الماء ثم ينغمر فيه.

ويحدث نفس الشيء على سواحل العالم، فالأمواج تسبب تأكل اليابس، وتجرف أجزاء منها إلى الماء .. وهكذا تنغمر هذه الأرض وترسب إلى القاع فتنضم إلى غيرها من الرواسب الأخرى. كما حدث في التجربة عندما انزلق الرمل إلى قاع الإناء.



وإليك تجربة أخرى تستخدم فيها الأدوات السابقة وتجريها في إناء الطهي، لتبين لك مدى ما تفعله الأنهار.

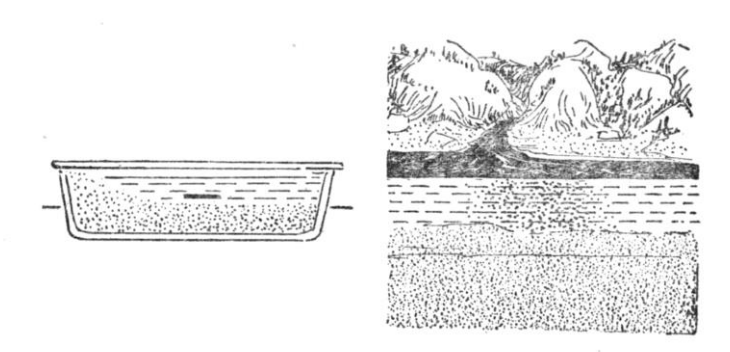


**العمل:** املأ الفنجان بالماء من "المحيط" أي من الإناء نفسه، ثم صبه على أعلى بقعة من بقاع اليابس.

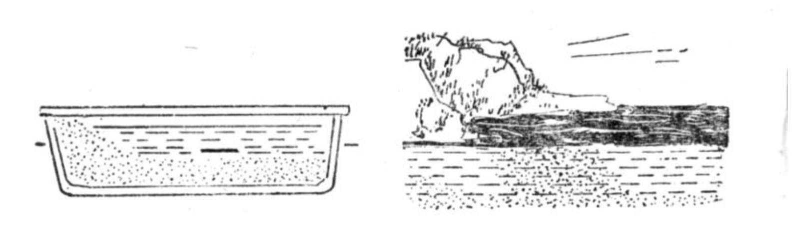
ستجد أن الرمل يبدأ في الانحدار مع الماء، وحينئذ يرسب إلى القاع. استمر في التجربة بأن تصب عددا قليلا آخر من الفناجين الملآى بالماء ... ثم انظر إلى علامة مستوى الماء التي سجلتها في أول التجربة.

ستجد أن مستوى الماء في الوعاء قد ارتفع عما كان في بدء التجربة، على الرغم من أن حجم الماء ثابت منذ البداية، والذي حدث هو أن منسوبه قد ارتفع قليلا.

وهذا هو ما يحدث تماما حينما تتراكم الرواسب في قاع المحيط فتردمه. وهنا يأخذ مستوى الماء في المحيط في الارتفاع على الرغم من أن كمية الماء تبق ثابتة تقريبا.



والآن انظر إلى اليابس (في التجربة)؛ ستجد أنها أقل انحدارا عما كانت عند البدء في التجربة، بل إن الجزء الذي كان بارزا من الأرض فوق مستوى الماء أصبح أقل بكثير مما كان، على الرغم من أن كمية الرمل ثابتة كما كانت في أول التجربة، وذلك لأن معظمه أصبح تحت سطح الماء.

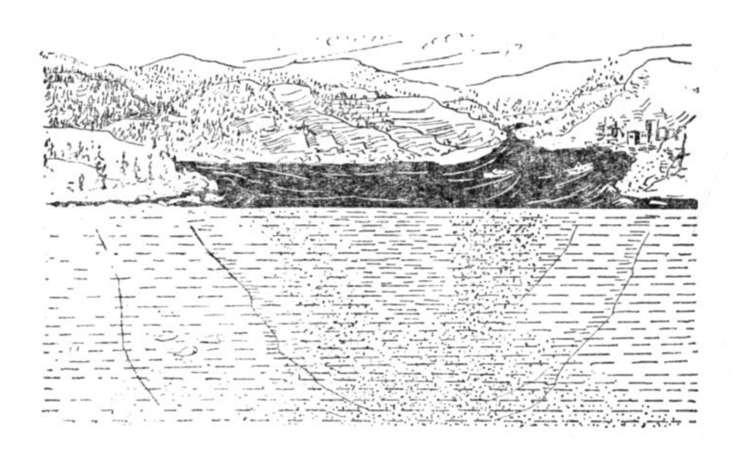


ونخلص من هذه التجربة إلى القول بأن ما حدث في تجربة الوعاء هو

تماما ما يحدث حقيقة في العالم. فالأنهار تعمل على إزالة المرتفعات من فوق سطح الأرض، وتحملها معها في طريقها إلى المصب.

وتصطدم أمواج المحيط بالشواطئ على الدوام، فتسبب تأكل جزء من اليابس تحمله الأمواج معها إلى المحيط حيث يترسب في القاع.

أما قاع المحيط فإنه يردم بهذه المواد التي تتراكم فيه إلى جانب رماد البراكين وهياكل الحيوانات المائية. واستمرار هذا الترسيب يسبب ارتفاع مستوى الماء فيغمر اليابس في مناطق أخرى؛ وبذلك تنقص مساحة اليابس وتزيد مساحة الماء.



تستمر الأنهار تنحت التربة وتنقلها معها إلى المحيط دائما

## هل سيغرق العالم (اليابس)؟

ماذا يحدث لو استمرت هذه العملية سنة بعد أخرى؟ هل تأخذ مساحة الماء في الازدياد حتى يطغى المحيط على اليابس، ولا يبقى حينذاك

إلا بعض القمم العالية القليلة التي تكون أشبه شيء بالجزر الصغيرة المبعثرة هنا وهناك؟ وهل يأتي على الناس حين من الدهر يتنازع فيه سكان العالم تلك المساحات الضئيلة المتخلفة من اليابس دون أن يغمرها الماء؟

لا داعي إلى القلق، ذلك لأن عملية تأكل اليابس عملية بطيئة جدا، وقد يستغرق تأكل اليابس وطغيان المحيط ملايين السنين. هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى يلاحظ أن هناك عملية أخرى على نقيض هذه تماما، تحدث في نفس الوقت الذي يحدث فيه تأكل الأرض بفعل الأنهار والمحيطات. هذه العملية الأخيرة هي عملية نمو اليابس وبنائه.

# الجزء الثالث

## تكوين اليابس



## المحيطات فوق قمم الجبال

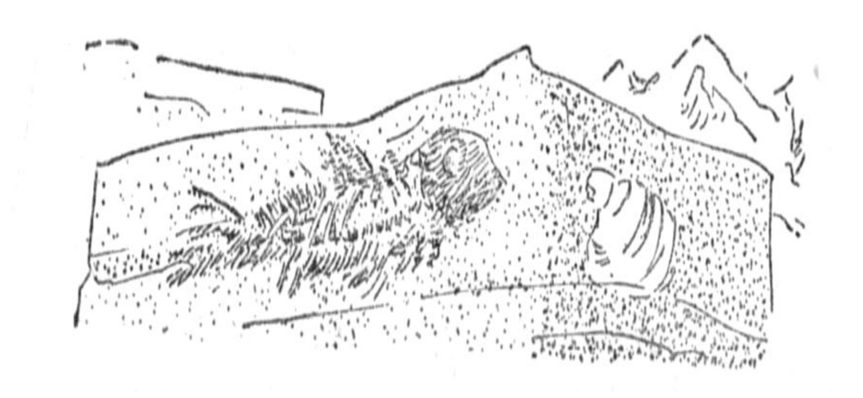
ما الذي يعمل على تكوين اليابس ويحفظ العالم من الغرق؟ لكي نجيب عن هذا السؤال لابد من أن نقوم برحلة كشفية بعيدا عن المحيط؟

ولتكن هذه الرحلة إلى قمة أحد الجبال العالية.

سنحتاج في هذه الرحلة إلى مطرقة وإزميل ومنظار مكبر ودليل يرشدنا إلى الطريق. ويجب أن يكون هذا الدليل مختصا في الجيولوجيا، أي عالما بتاريخ تكوين الأرض. وحينما نصل إلى قمة الجبل نبدأ بفحص الصخور .. لن نجد في أول الأمر شيئا غريبا في هذه الصخور سوى أنها تبدو في شكل حزم، الواحدة فوق الأخرى، كأنها كعكة ذات طبقات مختلفة.

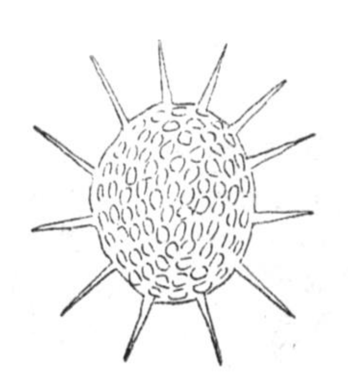


وهذه الصخور أقل تماسكا من الصخور الأخرى نسبيا، ولذلك يسهل علينا أن نفصلها بوساطة المطرقة والإزميل، ولو أننا صبرنا على هذه العملية بعض الوقت ثم فحصنا الصخور لوصلنا إلى أجسام غريبة لا تنمو أبدا على قمم الجبال، إذ ربما نجد بين طيات هذه الطبقات الصخرية أصداف البحر وقواقع الحيوانات المائية، بل قد نعثر على الأعشاب البحرية مطبوعة في الصخر، وإذا أسعدنا الحظ عثرنا في الصخر على هيكل سمكة من الأسماك.



وقد يخطر ببالك أن رحالة قدم إلى هذا المكان، وترك فيه بقايا طعام من السمك ... ولكن العالم الجيولوجي سوف يبين لنا شيئا آخر.

ذلك أن الميكروسكوب يبين أن تراب الصخور يحتوي على ذرات من الرمال وغيرها من المواد الأخرى المشابهة لها. وبالإضافة إلى كل هذا نجد مواد مشابهة للأجسام التي في الصورة التالية:

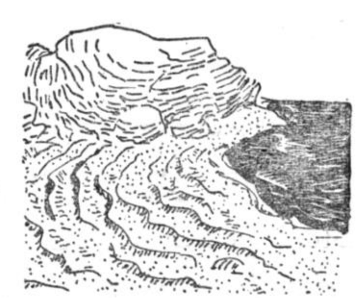
  

وهذه هي هياكل بعض الكائنات الحيوانية والنباتية الدقيقة التي لا تعيش إلا في المحيط، ولا يمكن أن تعيش أبدا فوق سطح الأرض.

ورغم ذلك توجد ملايين من هياكلها في حجم "كشتبان" من صخر مفتت فوق قمة جبل يبعد مئات الأميال عن أقرب محيط، فكيف وصلت إذن إلى هذا المكان؟

## هذا هو اللغز

كيف وصلت تلك القواقع البحرية والأصداف وهياكل الأسماك وذرات الرمال إلى قمم الجبال؟ لو استمر بحثنا على قمة الجبل لعثرنا على بعض الأدلة، فنرى مثلا أن بعض الصخور حين تتكسر وتنفصل أجزاؤها تحمل علامات متموجة تشبه تماما تلك التجعدات التي نشاهدها في قاع أحد الشواطئ الطينية أو المدرجات الطينية التي نراها في حالة الجزر.

يبدو واضحا أن كل هذه المواد كانت في يوم من الأيام تحت سطح الماء، ولكن كيف تيسر لتلك الطبقة الطينية المتموجة في قاع البحر أن تتحول إلى طبقة من الصخور المتموجة فوق قمة الجبل؟

والإجابة عن هذا السؤال لم تكن من السهولة بمكان، فقد شغلت هذه الدراسة عددا كبيرا من العلماء في جميع أنحاء العالم سنوات عديدة، حتى وصلوا إلى إجابة معقولة، وهذا الجبل جبل عادي لا يختلف في شيء عن غيره من الجبال، فقد عثر الجيولوجيون على مثل هذه الرواسب البحرية على جبال أخرى منتشرة في مختلف أنحاء العالم، ولقد حاولوا جاهدين أن يعرفوا السبب في وجود تلك الرواسب في هذه البقاع.

ولا يستطيع أحد بطبيعة الحال أن يقطع برأي في أمر لم يشاهده بنفسه أثناء حدوثه، ولكن الجيولوجيون يؤكدون – بما لديهم من أدلة محسوسة.

ومن الآثار التي وجدوها نتيجة لآلاف الرحلات الكشفية – التي قاموا بها أنهم يعلمون تماما كيف تكونت قمم الجبال منذ عهد بعيد في قاع المحيط، ثم كيف ظهرت بعد ذلك وبرزت حيث هي الآن، وهذا هو ما يعتقدون أنه قد حدث.

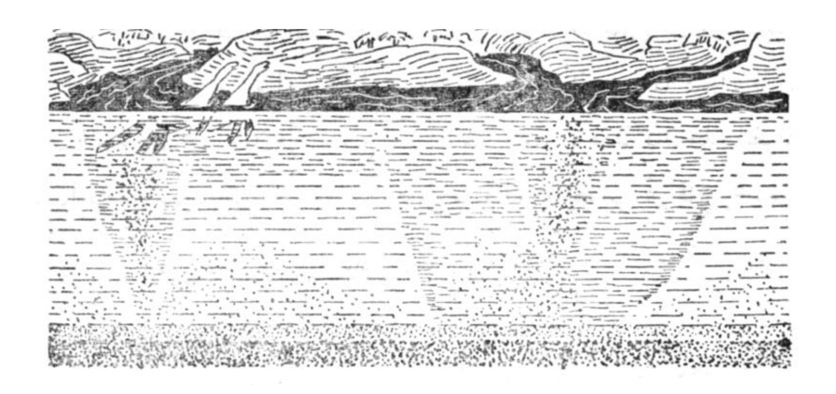
## حل الغز

فمنذ ملايين السنين في هذا المكان الجلي لم تكن توجد جبال على الإطلاق، فقد كان هناك مثلا بحر عظيم يغطي جزءا كبيرا من مساحة الولايات المتحدة الأمريكية، وكانت الأنهار تصب في ذلك البحر من المرتفعات حاملة معها الرمل والطمي الذي أخذ يترسب في القاع .. وحينما كان التيار سريعا أثار الطمي وجعله في شكل مدرجات، وكانت تعيش في هذا البحر أسماك وغير ذلك من الحيوانات المائية الأخرى، كما كانت تعيش فيه نباتات بحرية مختلفة الأنواع والأحجام ... وعندما ماتت هذه

الكائنات غرقت إلى قاع البحر، وغطاها الرمل والطمي الذي ترسب فوقها.

## المواد الرسوبية

وكل هذه المواد التي هبطت واستقرت في القاع تسمى المواد المترسبة، وهكذا استمرت الحال سنة بعد سنة لمدة ملايين السنين، أخذ فيها القاع يمتلئ بالرمال والطمي وبقايا الكائنات البحرية النباتية والحيوانية، وأصبح قاع المحيط بعد مئات السنين مملوء برواسب سمكها آلاف الأقدام.



يعلو قاع المحيط بسبب ما يترسب فوقه من مواد روسوبية

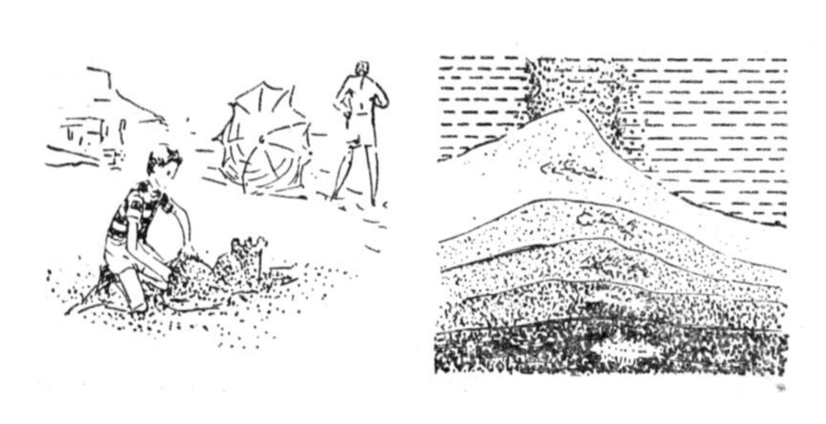
ومع ذلك لم تكن عملية الترسيب هذه تسير بمعدل واحد منتظم.

ففي سنوات عديدة كانت هناك فترات يسقط فيها المطر الغزير بانتظام، وحينذاك كانت الأنهار تحمل معها إلى المصب كميات عظيمة من تلك المواد الرسوبية، وبذلك تتجمع طبقات سميكة في قاع المحيط، أما في الأوقات التي كان يسقط فيها مطر قليل، فكانت الأنهار تأتي محملة بمقدار قليل من المواد الرسوبية .. وبذلك كانت تتكون في قاع المحيط طبقات رقيقة من المواد الرسوبية، واحدة فوق أخرى، وبينما كانت هذه المواد الرسوبية آخذة في الارتفاع، كانت تحدث لهذه المواد ظاهرة أخرى.

## المواد الرسوبية تحت الضغط

والذي كان يحدث هو أن هذه الطبقات كانت تقع تحت ضغط بطئ ثابت في مدى ملايين السنين بسبب ثقل الماء وثقل الطبقات الأخرى التي تترسب فوقها، ولذلك كانت الطبقات السفلى من تلك لك أن كونت

كرات من الثلج أو الرمال بوساطة ضغط الثلج أو الرمال ضغطا كبيرا، فإنك تستطيع حينئذ أن تكون فكرة عن أثر الضغط وعمله، فقد كان هذا الضغط سببا من الأسباب التي تتماسك بها الطمي والرمال ثم تثلب في قاع المحيط.



وقد ساعد على هذا التماسك وجود بعض الأملاح المعدنية المذابة التي صبتها مياه الأنهار في المحيط، إن أنواعا كثيرة من التربة تحتوي على مواد معدنية تقوم بوظيفة الإسمنت، فالجبس الذي تطلى به الجدران، يتكون من مسحوق معدني جاف يوجد في الأرض، ويتحول هذا المسحوق إلى مادة ملساء ناعمة ثابتة حينما تطلى به الجدران. والصلصال نوع آخر من التربة، إذ جف تحول إلى مادة صلبة كالحجارة لدرجة أنه يصلح لصناعة أواني الطهي والأطباق، حتى إذا استعمل هذا الصلصال في صنع القلل أو الأزيار أو أواني الشرب فإنه لا يلين ولا يذوب في الماء، والإسمنت نفسه ليس إلا مسحوقا ناعما لينا تحصل عليه في غرارة (شيكارة)، ولكنه عندما يخلط بالرمل والماء والزلط يتحول إلى مادة صلبة قوية هي الإسمنت المسلح

الذي يستعمل في رصف الطرق، وبناء القناطر، وتشييد المنازل.

وبنفس الطريقة نجد أن المواد المعدنية المذابة التي تقذف بها مياه الأنهار في المحيط قد ساعدت على تحول المواد الرسوبية، فكانت تقوم بعمل الإسمنت، وباستمرار هذا العمل المشترك ملايين السنين تعاونت المواد المعدنية الشبيهة بالإسمنت، مع ضغط الطبقات الرسوبية والرمل والقواقع وهياكل الحيوانات والطمي، على تصلب كل هذه الرواسب وتحولها إلى طبقات من الصخر.

وبما أن هذه الطبقات الصخرية قد نشأت أصلا من مواد رسوبية، فقد أطلق عليها اسم .. "الصخور الرسوبية".

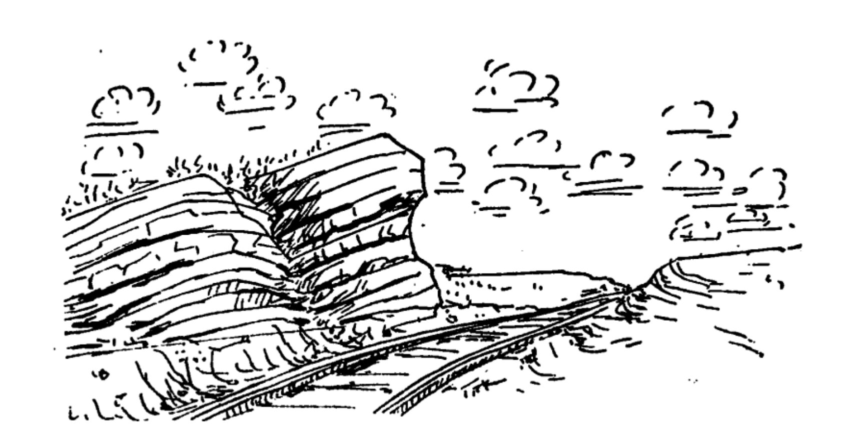


## الصخور الرسوبية

ليس من الضروري أن تذهب إلى الجبال كي تشاهد الصخور الرسوبية التي كانت في يوم من الأيام في قاع المحيط، فحيثما كنت تستطيع قطعا أن تجد بعض هذه الصخور، فالطرق الحديدية والطرق البرية غالبا ما تمد وتعبد

في قلب الأراضي المنحدرة حتى تصبح أرضا مستوية على قدر الإمكان. ففي مثل هذه الأماكن يمكنك أن تعثر على الصخور الرسوبية مرتبة في طبقات ... أما في الأراضي الواطئة المستوية فيمكنك أن تعثر على طبقات محفورة بالقرب من ضفاف الأنهار، أو حيث تقام المباني الجديدة فيحفر أساسها في قلب الأرض، ويمكنك إذن أن ترى طبقات الصخور بوضوح.

فإذا رأيت الصخور وقد انتظمت في طبقات مدرجة، فأعلم أنها صخور رسوبية، وأن المكان الذي تقف عليه من هذا اليابس كان في يوم من الأيام في قاع المحيط.



## استخدام قاع البحر

حينما تخرج للنزهة، أو تقوم برحلة، تنظر وابحث عن كتل الصخور وطبقاتها، فهي تحكي لك قصة حياتها الطويلة في قاع المحيط والبحر، كما تحكي لك عن رحلتها من ذلك القاع حتى ارتفعت إلى هذا المكان، فنحن نرى حولنا في كل يوم أشياء، ونستخدم مواد كشف الجيولوجيون أنها كانت

في يوم من الأيام في قاع البحر .. وتستطيع أنت أن تعثر على كثير من هذه المواد.

فإذا كنت تقرأ هذا الكتاب مثلا في فصلك بالمدرسة، فلا شك أنك ترى أمامك قطعة كبيرة من صخور قاع المحيط تواجه نظرك تماما — هي السبورة .. ذلك لأن عددا كبيرا من السبورات يصنع من الإردواز، وهو حجر رسوبي تكون منذ ملايين السنين في قاع البحيرات والمحيطات.

والإردواز أصله صلصال مكون من جزيئات أدق وأصغر من جزيئات الرمل، وقد حملت مياه الأنهار جزيئات الصلصال هذه معها إلى المحيط حيث ترسبت في القاع مع المواد الرسوبية الأخرى، ثم انضغطت وتصلبت فتحولت إلى صخر رسوبي لين يسمى "الشست"، وبتزايد الضغط تحول الشست اللين إلى إردواز صلب.

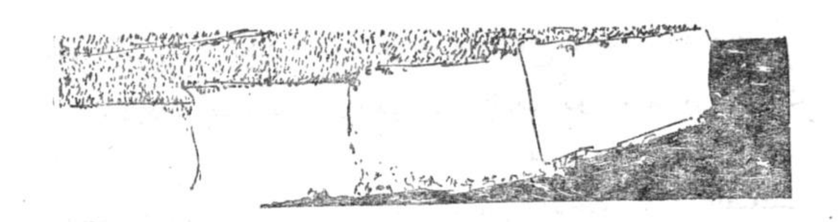
وقياسا على ذلك تستطيع أن تقول إن الطمي الذي قد تثيره وأنت تعوم في أحد فصول الدراسة بعد مليون سنة مثلا.

وقطعة الطباشير التي تكتب بها على السبورة هي أيضا مادة رسوبية، فيصنع هذا الطباشير بوساطة اقتطاعه من أحد الجبال الطباشيرية، وهذا هو ما يحدث في دوفر بإنجلترا حيث يصنع الطباشير من الصخور الطباشيرية هناك، وتتكون تلك الصخور الطباشيرية من بلايين من هياكل الحيوانات البحرية الدقيقة تماسكت تمام التماسك.





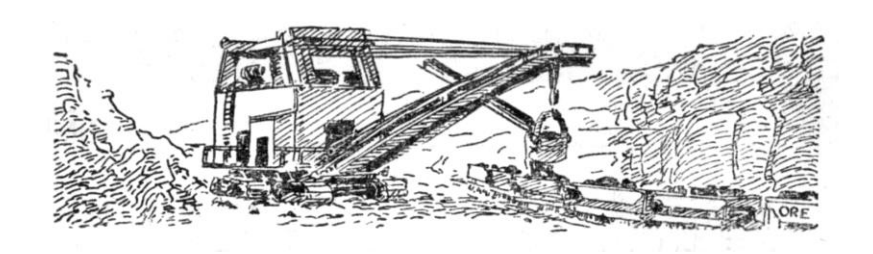
كان الطباشير الذي نكتب به اليوم قاعا للمحيط في قديم الأزل



## استخدام الصخور الرسوبية في المباني

ولا تستخدم الصخور الرسوبية في عمل الطباشير والسبورات فحسب، بل إنها تستعمل أيضا في تشييد المباني الضخمة، وهذه الصخور كما علمت تتكون من طبقات من الرمل والطمي وهياكل الحيوانات.

فالجدار الخارجي مثلا لمكتب البريد، أو لدار الكتب قد يبني من الحجر الرملي، وعلى الرغم من أن هذا الحجر يقتطع من سفوح الجبل، إلا أنه يحتوي غالبا على أصداف بحرية وهياكل حيوانات تعيش في الماء.




وقد تشيد الجدران من الحجر الجيري، وهو نوع آخر من الأحجار التي تقطع من الجبال. ومع ذلك فإن هذا الحجر نفسه قد تكون بنفس الطريقة التي تكون بها الطباشير، أي من الأصداف البحرية، ومن هياكل الحيوانات التي تعيش في الماء، وإن كانت هذه الهياكل البحرية وتلك الأصداف التي تدخل في تكوين الحجر الجيري، أصلب عودا وأثقل وزنا من تلك المواد التي تدخل في تركيب الطباشير.

ويمكنك أن ترى بوضوح في مباني ولاية تكساس، بل وفي غيرها من الأماكن الأخرى، هياكل حيوانات بحرية، وأصدافا داخلة في تركيب الحجر الجيري.

## الحديد

إن الحديد الذي يدخل في تركيب كثير من الأشياء التي نراها حولك يأتينا أيضا من قاع المحيط، فأنت تعلم أن مياه الأنهار تحمل مواد معدنية مذابة، والحديد الذي نستعمله اليوم — كان في يوم من الأيام جزءا من الصخور والتربة، أذابته مياه الأنهار، وحملته معها إلى مصابتها حيث ترسب في قاع المحيط، وهذا الحديد بعد أن انقضت عليه عدة أجيال نستخرجه اليوم من المناجم التي تقع على ارتفاع كبير فوق سطح البحر.

ونحن نحصل على الحديد بطريقة غريبة أخرى، أشد غرابة من سابقتها. فهناك نوع من البكتيريا المائية الدقيقة تفرز لنا هذا الحديد، وهذا النوع من البكتيريا يتذوق الطعام بطريقة خاصة، إذ يمتص الحديد الذائب في الماء غذاء له ثم يخرجه بعد الهضم والامتصاص حديدا صافيا نقيا، وهذه مسألة يصعب تصديقها، ولكنها حقيقة لا شك فيها.

فهي فصل آخر من فصول تلك الرواية العجيبة التي تحكي قصة الأرض، وما طرأ عليها من تغيرات.

فالحديد قد جاء أصلا من الصخور، ثم حمله الماء إلى المحيط، ثم اتخذته البكتيريا غذاء لها، وأخرجته بعد ذلك فضلات ترسبت فكونت مرة أخرى حديدا فوق طبقة صخرية في قاع المحيط؛ وبعد أجيال يستخرجها الناس من المناجم ويستخدمونها في مختلف الشئون.

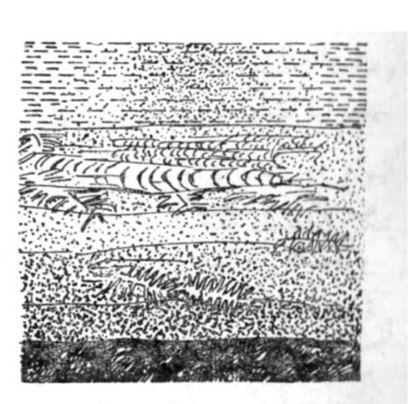
## الوقود

إن الفحم وزيت البترول أو الغاز — وهي المواد التي تستخدم في تدفئة المباني — تستخرج أيضا من قاع البحر، وقد تكون كل منها بطريقة خاصة.

فالفحم قد تكون من النباتات التي تنمو في المستنقعات منذ ملايين السنين، فهذ النباتات نمت ثم ماتت وغارت في تلك المستنقعات، ثم نمت فوقها نباتات أخرى غيرها مرة ومرات، سنة بعد أخرى. وبعد زمن طويل، تكونت طبقة سميكة قوامها هذه المادة النباتية المتعفنة، ثم هبط المستنقع، كما هبطت الأرض المحيطة به هبوطا بطيئا حتى غمرتها المياه في النهاية، وحدث بعد ذلك أن تجمعت فوق هذه الطبقة النباتية طبقات من المواد

الرسوبية التي تحولت بالتدريج إلى صخور رسوبية، أما المادة

النباتية فقد تحولت إلى فحم بتأثير ضغط ما فوقها من طبقات الصخر والماء، وبذلك أصبحت طبقات المواد النباتية المتعفنة مستودعات للفحم، واليوم يحفر الناس الأرض ويستخرجون الفحم من هذه المناجم التي كانت يوما من الأيام قاعا للبحر، والتي أصبحت اليوم جزءا من اليابس.




والفحم الذي نستخدمه الآن كان نباتا في مستنقعات في غابر الأزمان

وفي المواقد والأفران يحترق الفحم فتنبعث منه تلك الحرارة التي اختزنت فيه عندما كانت الشمس تسطع فوق النباتات منذ ملايين السنين.

وأجود أنواع الفحم أصلبه عودا، ويسمى فحم الانتراسيت، ويوجد في الأماكن التي تحملت فيها المواد النباتية أكبر قسط من الضغط. بينما تكون الفحم اللين الناعم تحت ضغط أقل.

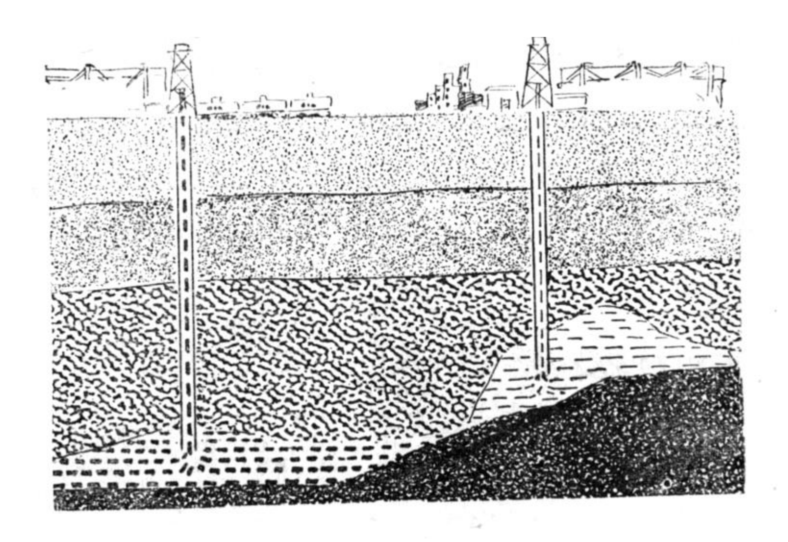
وقد تكون زيت البترول أيضا في البحار القديمة منذ أمد طويل، وإن كانت الطريقة التي تكون بها غير معروفة على وجه التحديد.



ويعتقد العلماء أن زيت البترول قد تكون من أجسام الحيوانات البحرية، وربما من النباتات أيضا – وهي التي ماتت وهبطت إلى الرمال في قاع البحر، وهناك غطتها طبقات من المواد الرسوبية التي تحولت فيما بعد إلى صخور رسوبية.

وقد تحولت بعض هذه المواد الميتة إلى زيت، ثم تسرب هذا الزيت وتجمع في الرمال المسامية، نتيجة للضغط الذي وقع عليها من الصخور والمياه التي فوقها. واليوم وبعد ملايين السنين من بدء هذه العملية يستخرج زيت البترول بالمضخات من خلال فتحات حفرت خلال طبقات الصخر. ثم ينظف من شوائبه في معامل تكرير البترول، ويحول إلى بنزين، وزيت تشحيم، بارافين (بترول)، وأسفلت وغير ذلك من المنتجات النافعة الأخرى.

ويتجمع الغاز كلما تكون زيت البترول، ويكون تجمعه في الفجوات الفارغة، أو في جيوب الصخر التي توجد فوق زيت البترول.



وعندما نحفر آبار زيت البترول، ينبعث الغاز في أنابيب إلى المدن المجاورة لكي يستعمل كوقود للطهي، أو لتدفئة المنازل، ويسمى هذا النوع من الغاز (الغاز الطبيعي)، ذلك لأن هناك نوعا آخر من الغاز يمكن الحصول عليه بتسخين الفحم أو زيت البترول.

على أن مصدر النوعين كليهما في الحقيقة هو قاع البحر.

## أنت وقاع البحر

وأخيرا وليس آخرا، فإنك أنت أيها القارئ جزء من تلك الرحلة السحرية العجيبة التي تبدأ من قاع البحر، ذلك لأن جزءا من تركيبك كان في يوم من الأيام جزءا من المحيط، فعظامك وأسنانك مثلا، مركبة أكثر ما

تتركب من معدن يسمى الكالسيوم.

وعندما كان هذا الكالسيوم مترسبا في قاع البحر، كان هو المادة التي كونت بلايين عديدة من هياكل عظمية لكائنات حية صغيرة متناهية في الصغر، وعلى مر القرون والأجيال، ضغطت هذه الهياكل العظمية فتحولت إلى طباشير أو حجر جيري، ثم ارتفع قاع البحر وأصبح أرضا يابسة جافة، يدخل في تركيبها الطباشير والحجر الجيري.

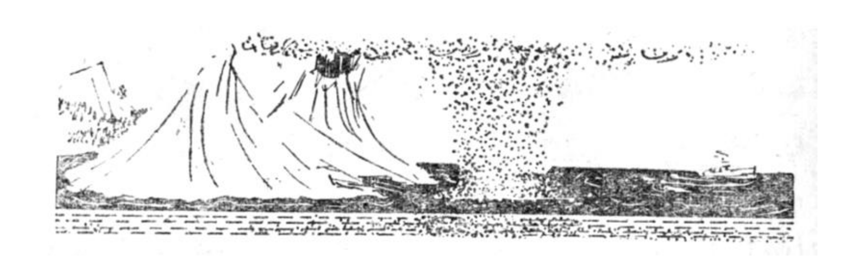
وهذه الأحجار الهشة اللينة أخذت تذروها الرياح إلى أن أصبحت جزءا من التربة.

وبعد أجيال بذر الزراع بعض الحبوب في هذه التربة الجيرية المفتتة، وعندما تحولت هذه البذور إلى ثمار ناضجة أو نباتات يانعة امتصت جذورها بعض الكالسيوم من هذه التربة، وعندما أكلت أنت هذه النباتات أو تلك الثمار استخدم جسمك هذا الكالسيوم في تكوين الأسنان والعظام، ولقد قطع الكالسيوم شوطا بعيدا منذ بدأ من قاع البحر حتى وصل إلى أسنانك، واستغرقت هذه العملية زمنا طويلا يبلغ ملايين السنين.

وليست العظام والأسنان وحدها هي التي تكونت من الصخور الرسوبية القديمة، فإن لون دمك الأحمر مصدره الحديد، وعندما يحمر وجهك خجلا، فمعنى ذلك أن الحديد الرسوبي القديم يعلن عن وجوده في وجنتيك، ودمك يحتوي على كميات كبيرة من الحديد وصلت إليك من التربة بوساطة النباتات التي أكلتها، أو عن طريق لحوم الحيوانات التي أكلت تلك النباتات، وهذا الحديد كان في وقت من الأوقات مادة مترسبة

في قاع البحر.

والأملاح الأخرى الموجودة في جسمك أصلا من البحر؛ فالملح الذي تحتاج إليه وتنثره على طعامك تحصل عليه من مناجم الملح، وهذه المناجم كانت في وقت من الأوقات بحارا ضحلة قريبة الغور تبخر ماؤها فتخلف فيها الملح، ولكي تكون صحيحا معافي تحتاج فوق ذلك إلى بعض المعادن الأخرى، مثل اليود والفسفور والكبريت والنحاس والبوتاسيوم، ولا شك أن هذه المعادن كلها قد قامت بنفس الرحلة التي قام بها الملح، واستغرقت في رحلتها الطويلة ذلك الزمن الطويل منذ بدأت من قاع المحيط حتى وصلت إليك.



## مرتفعات الأرض ومنخفضاتها

نجد فوق الجبال العالية أشياء كثيرة تكونت في قاع البحر، نجد الفحم والرخام، نجد الطباشير والحديد، نجد الإردواز والملح، وغير ذلك من الأشياء التي نستخدمها كل يوم، وقد قامت كل هذه الأشياء بهذه الرحلة الطويلة، بدأتها من قاع المحيط حتى وصلت إلى ذلك الارتفاع الكبير فوق سطح البحر.

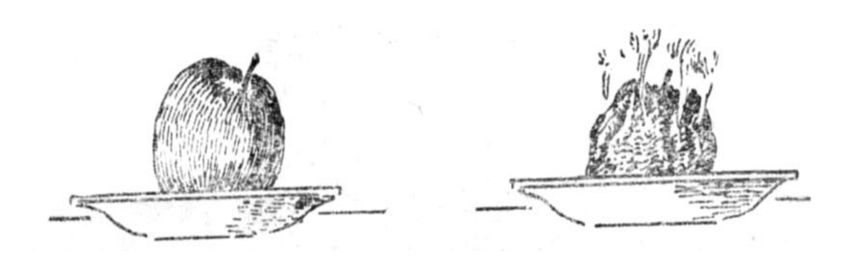
وكل الدلائل تؤكد هذه الحقيقة التي تتلخص في أن قاع البحر قد تحرك أو ارتفع آلاف الأقدام في كثير من بقاع العالم، ولكن كيف حدث أن تحرك إلى هناك؟

لقد وضع علماء الجيولوجيا نظريتين للإجابة عن هذا اللغز الغريب الخاص بكيفية تحرك القشرة الأرضية.

## إجابة التفاحة المطهوة في الفرن

لعلك رأيت تفاحة قبل أن تطهى، ثم رأيتها بعد أن تم طهوها.

إن التفاحة الطازجة ذات القشرة الناعمة المتماسكة تبدو وقد اعتراها تغير كبير بعد وضعها لمدة ساعة أو نحوها في فرن ساخن، فبعد الطهو تصبح قشرتها مجعدة ذات نتوءات، وتنتشر الشقوق والثقوب في أجزاء مختلفة من التفاحة ويخرج بعض أجزائها الداخلية إلى سطحها الخارجي.



وتحتوي ثمرة التفاح على كمية كبيرة من الماء؛ وهذا الماء يسخن أثناء الطهو في الفرن وتتصاعد منه فقاعات تخرج من التفاحة ثم يتبخر.

فإذا خرج الماء من التفاحة انكمشت وقل حجمها الداخلي وحينئذ تغور قشرة التفاحة وتتجعد.

وجوف الأرض حار أيضا، وهو بلا شك أشد حرارة بما لا يقاس بحرارة تفاحة مطهوة في الفرن.

وكما تقذف التفاحة المطهية الساخنة أجزاء من باطنها ومن عصيرها، كذلك تقذف الأرض بعض ما في باطنها من المواد المنصهرة والبخار، فكلما ثار بركان قذف أطنانا وأطنانا من الغازات والأبخرة الساخنة، والصخور الذائبة في أعماق الأرض وأغوارها البعيدة.

وهكذا ندرك بما لا يدع مجالا للشك أن باطن الأرض يصغر حجمه، وذلك بسبب تلك المواد التي تقذف بها البراكين، وعندما يصغر حجم باطن الأرض تهبط القشرة الأرضية، وتستقر لتملأ الأماكن الفارغة، وهي بذلك تتجعد وتثني تماما كما فعلت قشرة التفاحة المطهية في الفرن، وفي قشرة الأرض المجعدة تكون الأماكن المرتفعة جبالا، كما تكون الأماكن المنخفضة أودية، أما أشد الأماكن انخفاضا، فإنها تصبح قيعانا للبحار. وباستمرار هذه العملية من غليان وتسخين وتكون الفقاعات في جوف الأرض مع الحرارة والبرودة في بقاع مختلفة، تظهر تجعدات جديدة وتشققات هنا وهناك في القشرة الأرضية. وبهذه الطريقة تهبط أراض مرتفعة في الفجوات وتصبح قاعا للمحيطات، كما ينثني قاع البحار ويرتفع إلى أعلى ليكون جبالا جديدة.



وهذا هو أحد التفسيرات للطريقة التي يتغير بها شكل القشرة الأرضية، وكيف ترتفع المنخفضات وتهبط المرتفعات.

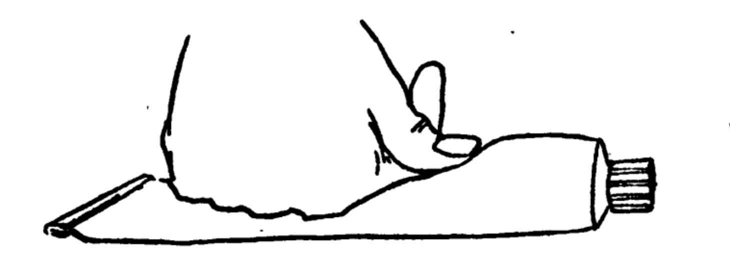
## إجابة أنبوبة معجون الأسنان

إنك تستطيع أن تجد تفسيرا ثانيا في أنبوبة معجون الأسنان.

وإذا كانت لديك أنبوبة نصف فارغة من هذه الأنابيب في بيتك، فحاول هذه التجربة البسيطة.

**تجربة:** العمل: ضع الأنبوبة على سطح مستو واضغط عليها حتى يصبح المعجون في الأنبوبة كلها في مستوى واحد. ثم اضغط على النصف الخلفي من الأنبوبة بقبضة يدك كما ترى في الصورة.

ستجد أن نصف الأنبوبة الأمامي يمتلئ وينتفخ لأن المعجون القادم من النصف الخلفي قد دفعه إلى الأمام.



ماذا توضح هذه التجربة؟ إنك تستطيع أن تدرك من هذه التجربة أنك عندما تضغط في مكان، تسبب عن ذلك سريان ما تحت هذا المكان المضغوط من مواد إلى مكان آخر أقل ضغطا.

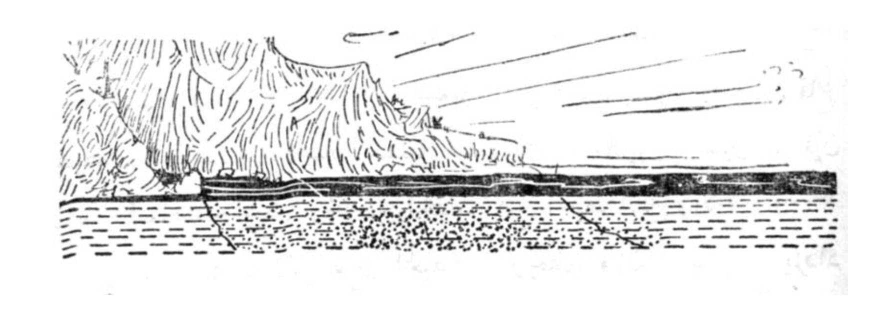
وفي هذه التجربة كانت المادة المضغوطة – وهي معجون الأسنان – لينة يسهل دفعها إلى الأمام. أما إذا كانت الأنبوبة مملوءة إلى نصفها بالشمع، كان عليك أن تزيد الضغط ولمدة أطول، ولكن الشمع مع ذلك يتحرك بنفس الطريقة التي تحرك بها معجون الأسنان، ولو أن هذه الحركة تتم ببطء شديد.

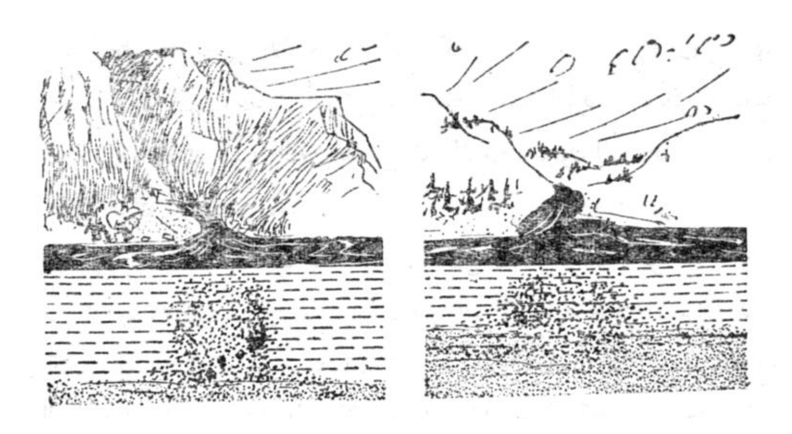


وإليك شيئا يصعب تصديقه، ولكن العلماء استطاعوا بما أجروه من

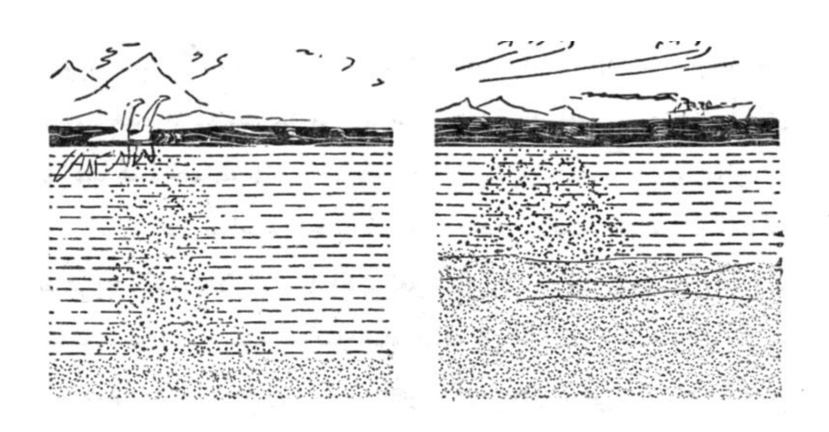
تجارب واقعية أن يثبتوا صحته، فلو أن أنبوبة معجون الأسنان هذه كانت قد ملئت بالحديد الصلب أو الصخر الصلد، لما تغيرت النتائج التي نصل إليها، ذلك لأن الأنبوبة في تلك الحالة كانت ستحتاج إلى مزيد من الضغط، وإلى كثير من الوقت، ولا عبرة بنوع المادة التي تحتويها هذه الأنبوبة أو درجة صلابتها وخشونتها، إذ أن النتيجة هي انسياب هذه المادة وهربها من المناطق شديدة الضغط إلى مناطق أخرى يقل فيها هذا الضغط.

كيف إذن تساعدنا إجابة أنبوبة معجون الأسنان في شرح الحركة الظاهرية الأرضية، إنك تعلم تماما أن الأنهار تنحت اليابس، وتفتت بصفة دائمة مستمرة كثيرا من المواد التي يتركب منها هذا اليابس، ثم تحملها معها وتتجه صوب المحيط أو البحر، ففي كل عام تقتطع من اليابس ملايين الأطنان من الصخور والرواسب، وتضاف إلى قاع المحيط، ولما كانت هذه العملية مستمرة منذ ملايين السنين، فإن اليابس قد أصبح أخف وزنا، بينما أصبح قاع المحيط أثقل وزنا.





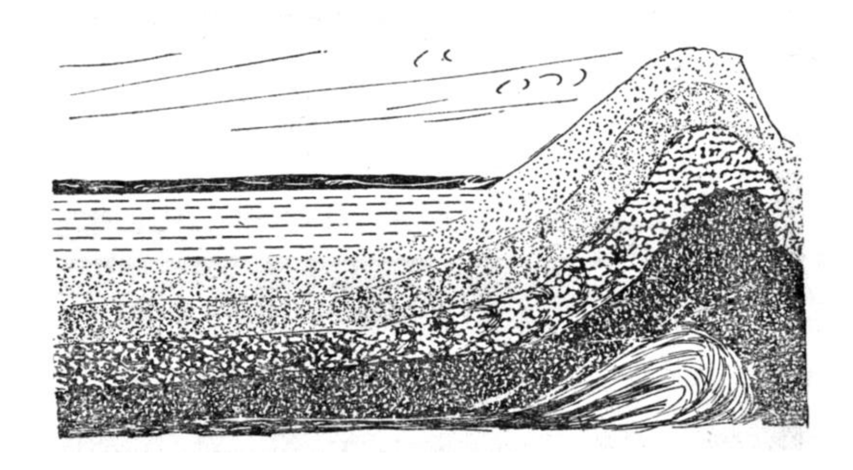
كلما تأكلت الأرض (التربة) أخذ قاع المحيط يعلو علوا بطيئا



كما يعلو قاع المحيط أيضا ببطء كلما تأكلت الجزر

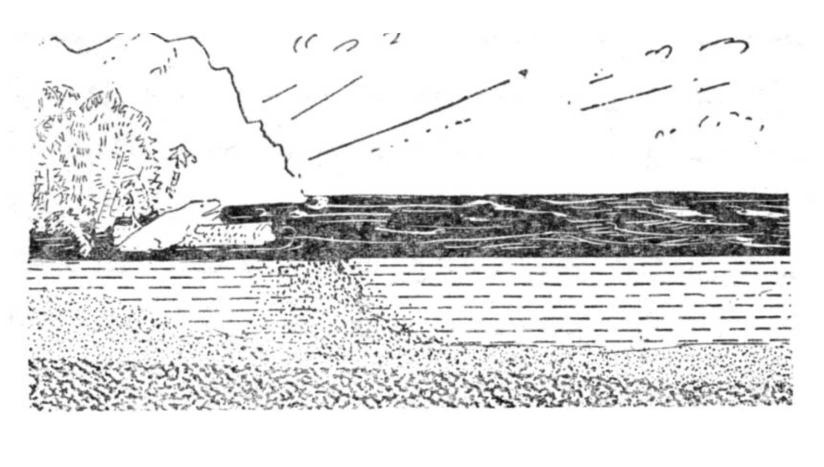
وعندما يزداد ثقل المحيط، ويخف وزن اليابس، ويزداد الضغط على طبقات الصخور الواقعة تحت المحيط، عن الضغط الواقع على طبقات الصخور الموجودة تحت اليابس. لعلك تذكر أيها القارئ أن الضغط الذي يقع على أية مادة يسبب انسيابها مهما كانت درجة صلابتها.

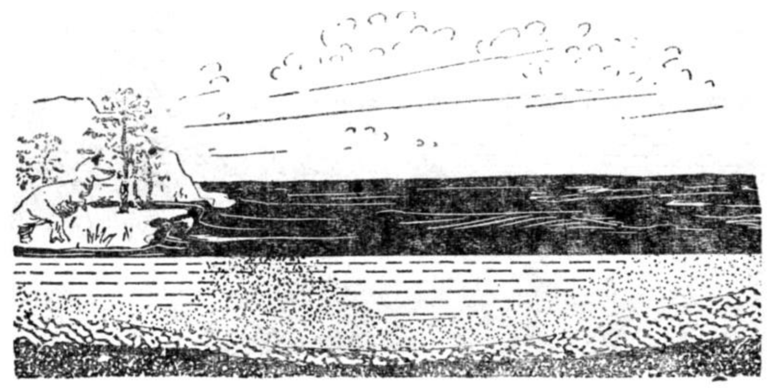
فالمادة تنساب دائما من المناطق ذات الضغط العالي إلى المناطق الأقل ضغطا، تماما كما حدث في تجربة أنبوبة معجون الأسنان.



وهكذا تتكون لدينا طبقات من الصخر على عمق كبير تحت المحيط، يقع عليها ضغط يزداد قوة وعنفا، كلما تراكمت فوق قاع المحيط تلك المواد التي تقتطع من اليابس بصفة دائمة.

وتحت هذا الضغط الهائل، يعتقد العلماء أن طبقات الصخر تحت سطح الماء قد حاولت التخلص تدريجيا من هذا العبء الواقع عليها، وذلك بأن تجد لنفسها مخرجا إلى مكان يخف فيه الضغط.

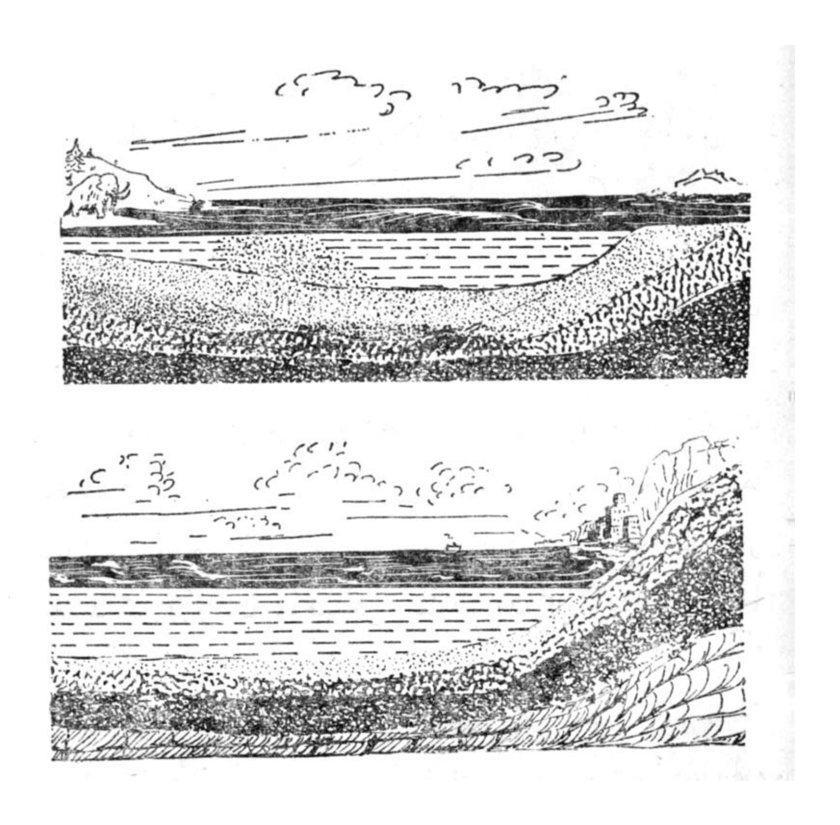




وتزيد الرواسب من ثقل قاع البحر

وتستطيع أن تدرك كيف تكون هذه العملية سببا في تعميق بعض الأماكن، وارتفاع أماكن أخرى.

وبهذه الطريقة نرى أن اليابس الذي فتتته مياه الأنهار ثم دفعته أمامها وقذفت به في قاع المحيط قد بدأ يرتفع مرة أخرى. ذلك أن الرواسب تزيد من ثقل قاع المحيط، وينتج عن هذا الضغط المتزايد محاولة هذه المواد أن تجد لها مخرجا إلى مكان آخر.



كلما زاد ثقل قاع البحر أخذ في العلو والارتفاع حتى يظهر جزء من اليابس فوق سطح الماء

وهكذا ترى أن المقتطع من اليابس يقابله ارتفاع آخر ولكن في بطء شديد سنة بعد أخرى، وبكمية لا تزيد على بوصة واحدة في كل عام.

ولا شك أن حركة الارتفاع والانخفاض تستغرق زمنا طويلا. فالجبال والمرتفعات تتأكل تدريجيا في ملايين السنين، فيخف وزنها.

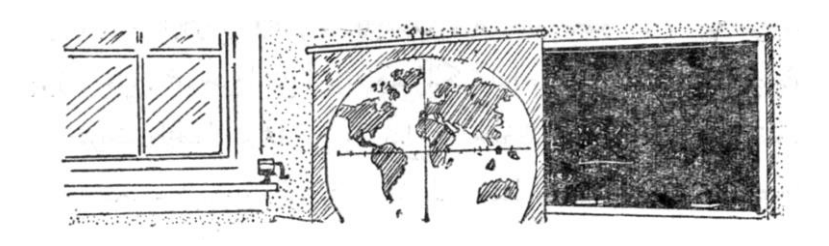
وفي الوقت نفسه يأخذ قاع البحر في العلو والارتفاع في بطء شديد، ويزداد ثقله نتيجة لتراكم المواد الرسوبية والصخور ذات الضغط الهائل.

وترتفع الأراضي المنخفضة ببطء خلال أجيال لا حصر لها، وتصبح جبال ومرتفعات.

وفي بعض الأحيان يتعاون التفسيران، تفسير التفاحة المطهوة في الفرن، جنبا إلى جنب مع تفسير أنبوبة معجون الأسنان.

إن قشرة الأرض تهبط أو تأخذ شكل كهوف نتيجة لأنكما شات تحدث في باطن الأرض. والأرض تهبط تحت مستوى البحر فتغمرها مياه البحر، وتحيل اليابس إلى بحر ضحل. ثم تستقر على قاع هذا البحر الجديد كل الرواسب بما فيها من أصداف وهياكل وأعشاب بحرية، وما قد يكون فيها من أسماك غريبة.

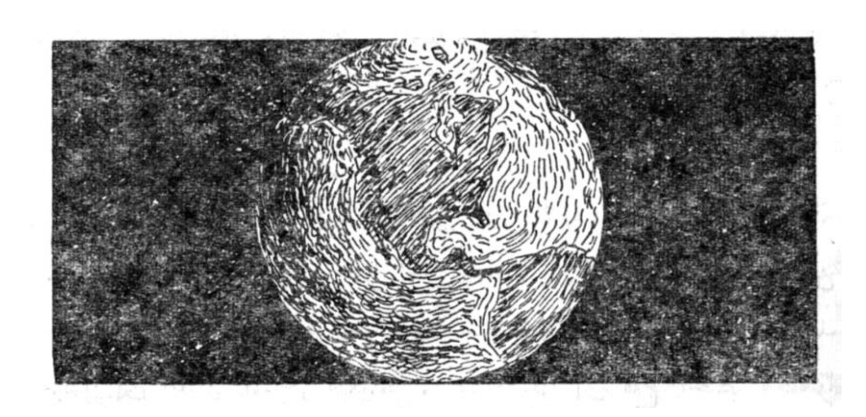
وتنصرف المياه عن هذا البحر، عندما يرتفع قاعه الضحل نتيجة لضغط المواد في مكان آخر يقع عليه ضغط أكبر، ويستمر هذا الجزء من اليابس في الارتفاع، وبذلك يتكون جبل ذو طبقات من الصخور الرسوبية. وهكذا تستطيع أنت وعلماء طبقات الأرض بعد ذلك أن تعثروا فوق قمم الجبال العالية على هياكل بحرية لا تعيش إلا في أعماق البحار.



## باطن الأرض

إذا نظرت إلى خريطة الأرض وجدتها شيئا هادئا ساكنا، فيها مساحات شاسعة من مياه البحر الزرقاء، ومساحات من اليابس ذات ألوان زاهية جميلة.

أما القارات والجزائر فإنها تبدو لك أجزاء مجعدة من الأرض طافية في المحيط، وتشبه سلاسل الجبال أسوارا مبنية فوق الأرض المستوية، ولكن حقيقة الأرض ليست كما تبدو في الخريطة.



إن الأرض في حقيقتها وحدة لا تتجزأ، فهي كرة هائلة صلبة ثقيلة الوزن، أما الجزائر والقارات والجبال، فإنها لا تعدو أن تكون نتوءات برزت قليلا عما حولها من أجزاء هذه الكرة الواحدة الضخمة، وأما البحار والبحيرات والمحيطات فما هي إلا بقاع منخفضة غمرتها المياه. ولا توجد حدود تحت اليابس والبحر، كما لا تستطيع أن تجد بينهما خطوطا فاصلة، فباطن الأرض عالم واحد متصل.

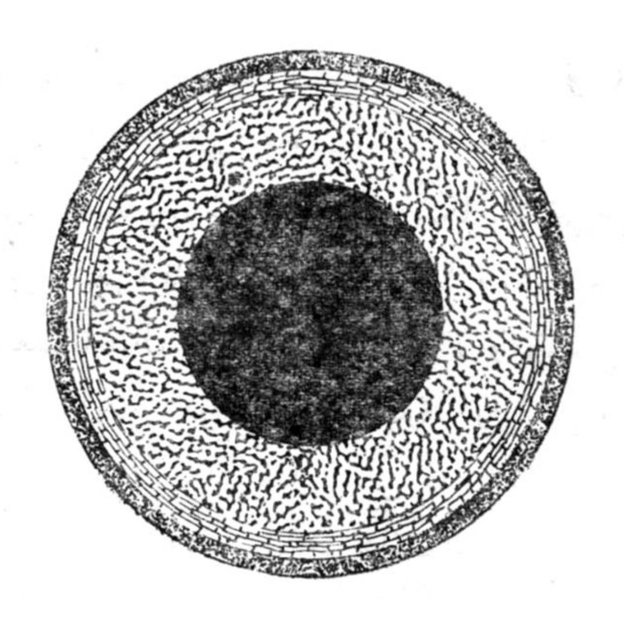
تتصل أفريقيا وآسيا وأستراليا كل منها بالأحرى تحت قاع المحيط، كما تتصل بالولايات المتحدة كذلك، فأنت ترى أن المحيطات التي تفصل هذه القارات بعضها عن بعض إن هي إلا بحيرات شاسعة



## فماذا يشبه باطن الأرض؟

لم يحدث أبدا أن اخترق شخص باطن الأرض، وعبر هذه الكتلة الصلبة السميكة من اليابس من أحد جوانبها إلى الجانب الآخر، ولكن علماء طبقات الأرض، قاموا باستكشافات عديدة لا حصر لها. فقد هبطوا إلى أغوار المناجم البعيدة، كما وصلوا إلى قاع المحيط وجاسوا خلاله مزودين بآلات التصوير وغيرها من الآلات الضرورية، كأنهمسرطان البحر. وكذلك درسوا البراكين وكشفوا على سطح الأرض كما يكشف على صدرك الطبيب، ومن ثم خرجوا بنتيجتين على جانب كبير من الأهمية، فهناك تحت المدن والحقول، وتحت الأنهار والمحيطات، وفي خلال طبقات يصل قطرها إلى ٨٠٠٠ ميل، تتكون الأرض من معادن ومن صخر صلد،

وهذه هي النتيجة الأولى.



يعتقد العلماء أن جوف الأرض مكون من صخور ومعادن منصهرة شديدة الحرارة
ويغلف الأرض قشرة صخرية باردة

أما النتيجة الثانية، فهي أن جوف الأرض حار لدرجة أنه يصهر الصخور وغيرها من المواد المعدنية.

وهاتان النتيجتان – هما المواد الثقيلة التي تتكون منها الأرض، والحرارة الهائلة التي توجد في جوفها على بعد كبير – تحدثان تغيرات كثيرة على سطح الأرض. وبعض هذه التغيرات بطئ جدا، وبعضها عنيف مثير يحدث فجأة دون مقدمات. وقصة هذه التغيرات مسطورة على الصخور في كل مكان.

## عجينة باطن الأرض: (الماجما)

على بعد كبير من سطح الأرض تصهر الحرارة الهائلة الصخور والمعادن، وتسمى هذه الصخور الذائبة المنصهرة (الماجما).

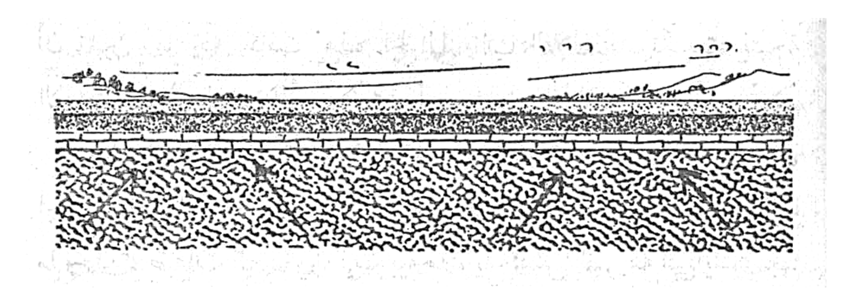
وقد لعبت هذه (العجينة الملتهبة) دورا هاما في قصة الأرض وما اعتراها من تغيرات لا تنتهي.

وكما غيرت المياه والرياح والبرودة من شكل الأرض من الخارج، فإن هذه العجينة الملتهبة قد غيرت من شكل القشرة الأرضية من الداخل.

فهي التي دفعت الجبال من أسفل إلى أعلى، وكونت الجزر، وهي التي أحدثت في الأرض شقوقا وفجوات كبيرة، وهي التي صبت الذهب والفضة وغيرهما من المعادن الثمينة في بعض هذه الشقوق، كما رصعت بعض الفجوات بالماس، وباطن الأرض دائب العمل على تغيير خارجها، وحتى في هذه اللحظة تغير العجينة الملتهبة هذا العالم.

## وظيفة الماجما

إن هذه الكتلة الضخمة من العجينة الملتهبة (الماجما) لا تبقى ساكنة هادئة، بل تتحرك حركة بطيئة غاية البطء، وذلك بتأثير ثقل الأرض وضغطها من فوقها، وكلما لاحت الفرصة بوجود موضع ضعيف لين أو شق في القشرة الأرضية انبعثت منه هذه المادة الصخرية المنصهرة وتفجرت.



وعندما تتحرك هذه العجينة تتبعها تغيرات كبيرة، ففي المكان الذي تتحرك فيه ترفع القشرة الأرضية التي فوقها، وهنا تتحرك طبقات الصخر كما تتحرك التربة التي تغطي سطح الأرض تبعا لحركة عجينة (الماجما).

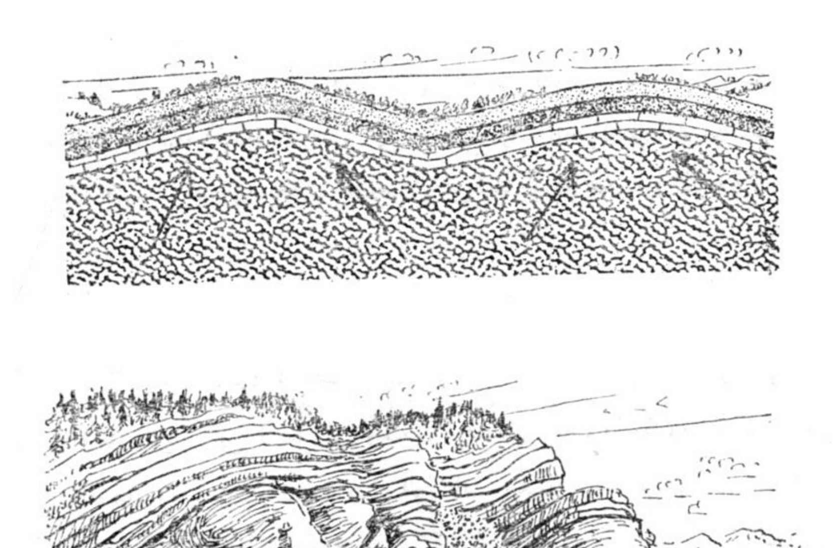
## الجبال الاستوائية

لا يحدث عادة أن تتشقق القشرة الأرضية عندما تتحرك. فهذه الحركة غالبا ما تكون غاية البطء. وينتج عن ذلك إتاحة الفرصة لطبقات صخور القشرة الأرضية أن تتحرك هي الأخرى بدورها حركة بطيئة شيئا فشيئا حتى تصل إلى وضعها الجديد، فعندما تضغط (الماجما) على الطبقات الخارجية تثني هذه الطبقات مكونة انحناءات طويلة على شكل أمواج، وقد تكون هذه الانحناءات يسيرة هينة، وفي هذه الحالة يتكشف سطح الأرض عن تلال منخفضة، وأودية واسعة مستديرة، وقد تكون الانحناءات أكبر من هذا، ومن ثم تثني القشرة الأرضية مكونة جبالا عالية مستديرة وأودية ضيقة.

ولو كنت تعيش بالقرب من بعض الجبال أو التلال، لاستطعت أن تتبين ما إذا كانت هذه الجبال وتلك التلال قد تكونت نتيجة الانحناءات

في القشرة الأرضية.

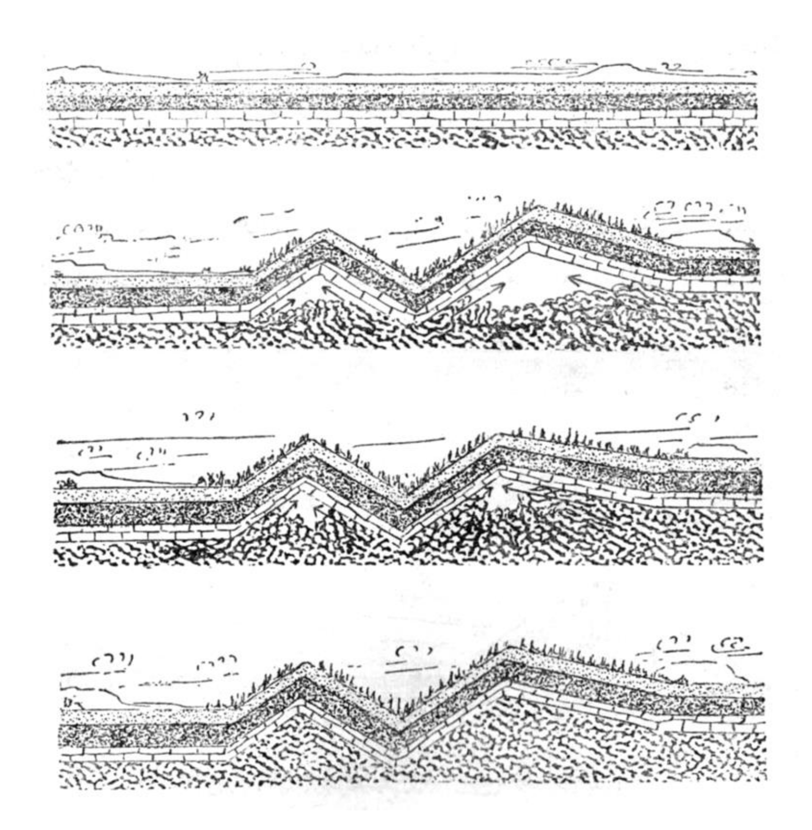
وما عليك إلا أن تجد مكانا شق فيه طريق حديدي أو ممر بين الجبال والهضاب، ثم ألق نظرة على طبقات الصخر العارية، فإذا ما وجدت طبقات الصخور الرسوبية ملتوية بنفس الطريقة التي يلتوي بها الجبل، كان ذلك برهانا على أنك تنظر إلى جزء من القشرة الأرضية حدث فيه التواء، فتغير من الشكل المستوي إلى شكل المنحنى، ويسمى هذا (جبلا التوائي).



وعندما تنثني الصخور وتأخذ شكل جبال التوائية، يحدث غالبا أن يترك في داخلها فراغ، وهذا الفراغ يمتلئ بالماجما التي تنساب إليه صاعدة من أغوار بطن الأرض.

وعندما تبرد هذه الماجما تتحول إلى صخور، وبذلك يصبح الجبل

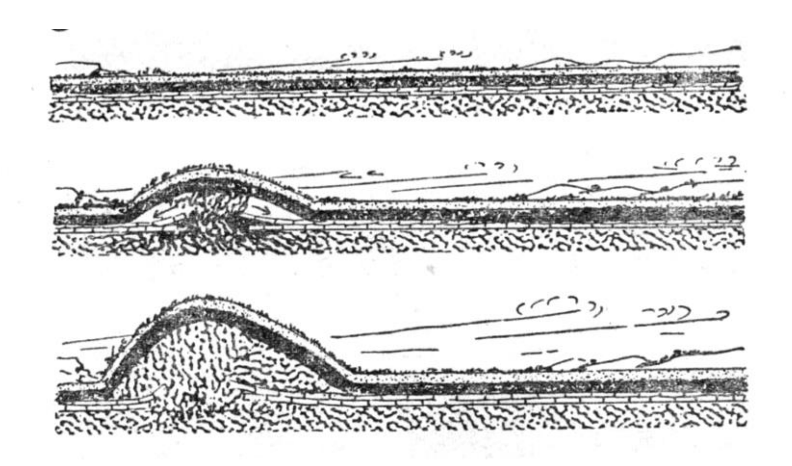
مكونا من نوعين من الصخور، أحدهما خارجي وهو تلك الصخور الرسوبية على صخور رسوبية أو طباقيه، وأما النوع الثاني – وهو النوع الداخلي – فهو يتكون من الماجما الباردة وتسمى صخور الماجما هذه (صخورا نارية). ومن السهل أن تميز بين الصخور النارية والصخور الرسوبية، ذلك لأن الصخور النارية لا تتكون من طبقات.



يحدث أحيانا أن تتقلص القشرة الأرضية المستوية فتلتوي وتعلو وهنا يتكون جبل جديد

وقد تكونت معظم جبال روكي وجبال الأبلاش[٨] بطريقة التكوين الالتوائية. وقد حدث أولا أن دفعت طبقات الصخور الرسوبية المستوية إلى أعلى، ومن ثم أخذت (الماجما) تنساب فيها وتملأ الفراغ الذي نشأ عن التواء الطبقات الرسوبية، ثم حدث أن بردت هذه الماجما وتحولت إلى صخور نارية جامدة، وبهذه الطريقة دفعت الماجما بحركتها البطيئة القوية سطح الأرض، وكونت بعض الجبال.

## التلال النارية



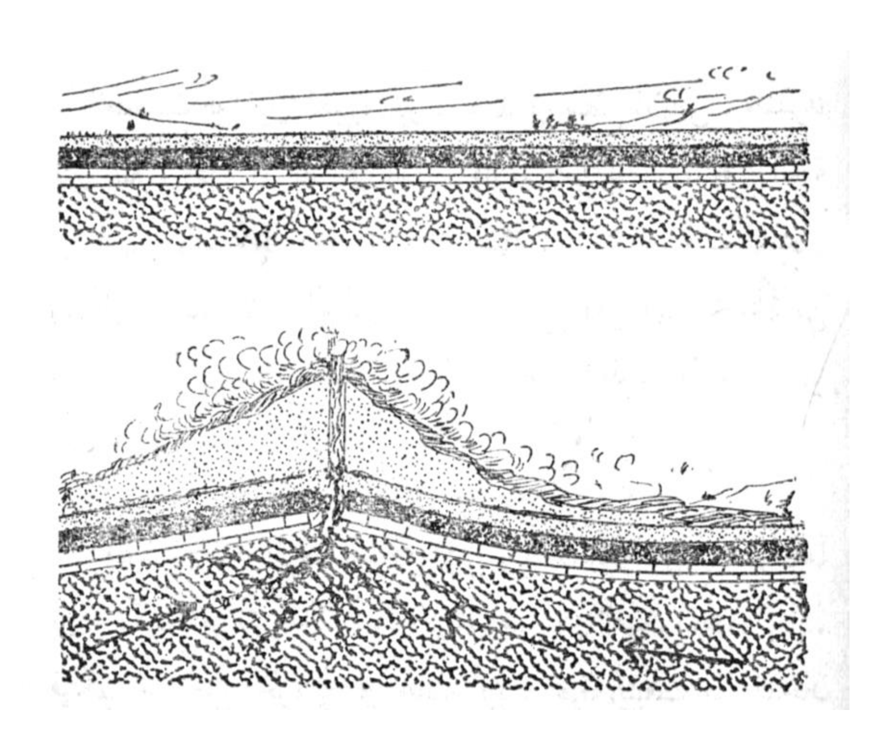
وقد تندفع الماجما الحارة من الأعماق فتعلو وتكون بعض الجبال

يحدث أحيانا أن تنبثق الماجما بقوة أكبر، أو قد تكون الطبقات السفلى من التربة والصخور ضعيفة، وفي مثل هذه الأماكن تندفع الماجما في طريقها فتخترق بعض الطبقات السفلى، فإذا ما تبقى لديها مزيد من

(٨) في أمريكا

القوة أمكنها أن تشكل ما يتبقى من الطبقات التي فوقها، وتحولها إلى تلال مستديرة على شكل قباب، وهناك تلال كثيرة من هذا النوع تسمى التلال النارية، ويبلغ ارتفاع كل منها ميلا تقريبا، وقطرها خمسة أميال.

فإذا استطعت أن تعثر على واحد من هذه التلال شق فيه طريق أمكنك أن تعثر على الصخر الذي كان في يوم من الأيام منصهرا، وقد كساه رداء من الصخور الرسوبية الطابقية، وهنا ترى أن الماجما البطيئة الحركة قد كورت سطح الأرض وحولته إلى تلال.



هذا ما يحدث حين تصادف الماجما الحارة — أثناء اندفاعها — بقعة ضعيفة في القشرة الأرضية

## البراكين

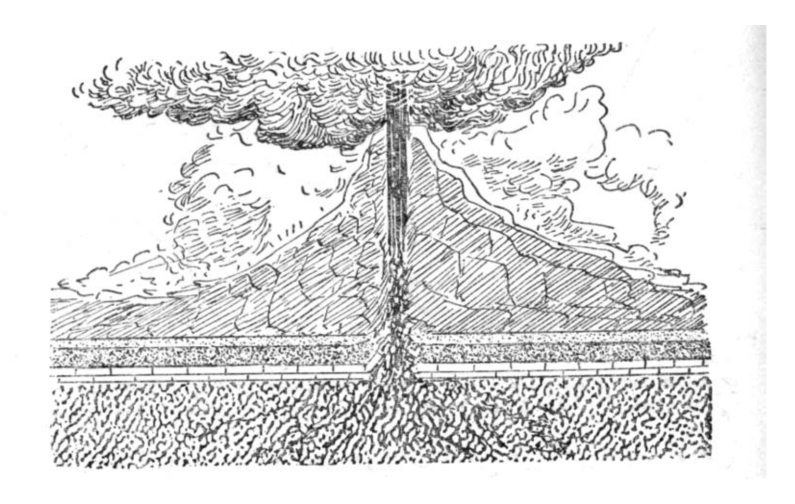
ماذا يحدث عندما تصل الماجما بتأثير ضغط عال مرتفع إلى مكان كن القشرة الأرضية مشقوق أو ضعيف؟ إنك تستطيع أن تخرج بالنتيجة بنفسك إذا رجعت إلى تجربة التفاحة المطهوة في الفرن.

فالماجما تنبثق من بطن الأرض في فيض منصهر يسمى (اللافا) وحينما تخرج اللافا من باطن الأرض يتكون بركان، والبراكين إن هي إلا فتحات تخرج منها الماجما آتية من طبقات الأرض الداخلية متجهة إلى سطحها.

وتختلف البراكين حجما وشكلا وتكوينا وضغطا. ومع هذا فإن كل بركان يغير من شكل سطح الأرض بطريقته الخاصة.

فتحدث البراكين الكبيرة تغيرات هائلة في سطح الأرض، ومنظرها مثير ممتع، وعلى الأخص في الليل، فتنبعث من الجمر ألسنة من اللهيب والضوء تتصاعد في كبد السماء، كما تتألق سحب الدخان والبخار في ضوء اللافا البرتقالي الأصفر الوهاج وهي تنبثق خارجة من قمم البركان، وعندما تنساب اللافا النارية على جوانب البركان، تبدو كنهر من لهيب متعدد الألوان.

وتفيض اللافا المرعبة فترة من الزمن ومن ثم تبطؤ حركتها، وعندما تبرد، تكون صخرا ناريا جامدا وتتراكم تدريجيا تلك الصخور وذلك الرماد، فيتكون منها جبل مخروطي في وسطه أنبوبة مجوفة ينبعث منها الدخان والبخار والغازات، وقد اختلطت بكثير من المواد المعدنية المنصهرة.

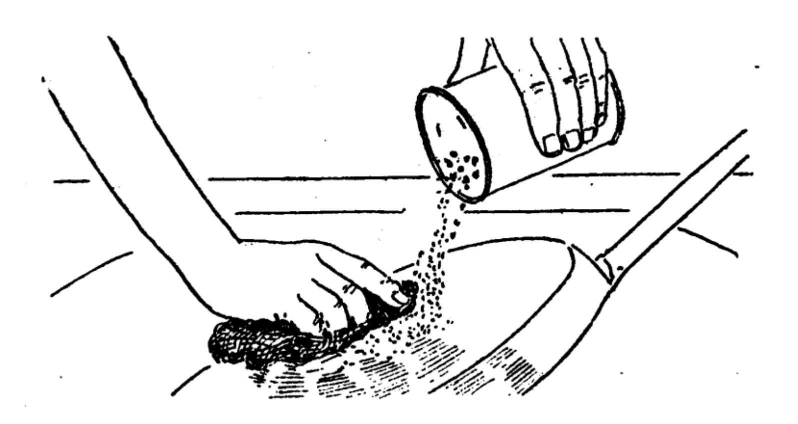


وكلما خرجت من وسط البركان كميات أكثر من تلك المواد المنصهرة، انتشرت اللافا وغمرت حقولاً ومدنا على بعد أميال حول البركان.

ولما كان من المحتمل أن يظل البركان ثائرا سنوات عديدة، كان من الطبيعي أن توجد أماكن يبلغ سمك ما بها من طبقات اللافا الصلبة الجامدة عشرة آلاف قدم أو تزيد.

تصور إذن تلك التغيرات التي حدثت عندما تراكمت طبقات كثيفة من (الماجما) الأرضية فوق سطح الأرض، وقد ثقلت موازينها بما تحتويه من معادن ومواد معدنية! فإذا كانت اللافا تعلوها طبقة من الزبد وتنبعث منها فقاقيع تمتلئ بالهواء والغازات، كانت الصخور البركانية الناتجة منها بعد برودتها هشة مسامية خفيفة الوزن، ويسمى هذا النوع من الصخور (الخفاف) وهو يصحن فيصير مسحوقا يستخدم في تنظيف الأواني. وعندما يقع في يدك هذا المسحوق فأعلم أن بيدك جزءا من الذي خرج

في فقاقيع من أعق أغوار الأرض خلال بركان ثائر هائج.

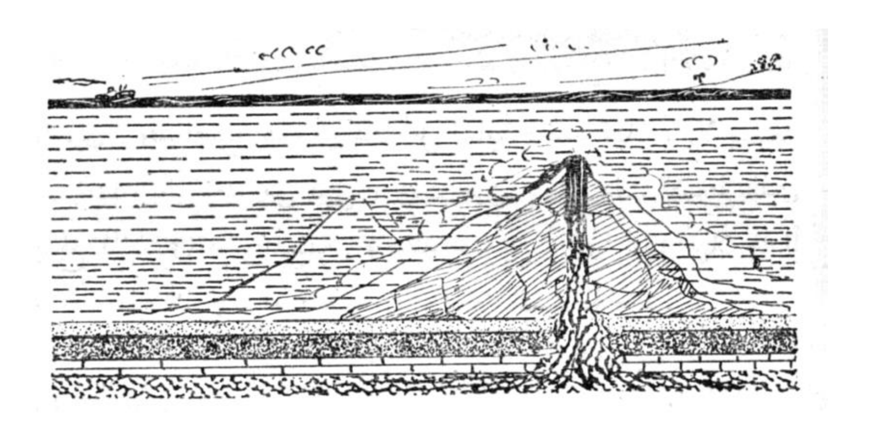


وهناك ما يقرب من أربعمائة بركان ثائر في العالم. كما ينفجر بركان جديد بين أونه وأخرى. ولكن هذا يحدث عادة في الماكن التي توجد فيها فعلا براكين. وقد حدث هذا منذ أمد قريب (في سنة ١٩٤٣) إذ ثار بركان جديد في المكسيك، عندما لاحظ أحد المزارعين أن هناك دخانا وبخارا يتصاعدان من الأرض في حقل قمح خاص به. ولم تلبث اللافا أن انبثقت من هذا البركان، وبعد أيام قلائل تكون جبل من اللافا يبلغ ارتفاعه بضع مئات من الأقدام، وبعد أن انقضت سبع سنوات على هذا البركان الصغير - الذي يسمى باريكوتين - بلغ ارتفاعه ميلا، ولا يزال هذا البركان أخذا في النمو والارتفاع، وإن كان قد بدأ يخمد تدريجيا، وقد غيرت الماجما شكل الأرض، إذ أنها بنت جبلا عاليا فوق الحقول المستوية.

## البراكين التي تخرج في المحيط

يحدث أحيانا أن تنبثق البراكين من قاع المحيط، وهنا تشق الماجما

طريقها خلال طبقات الصخور الرسوبية التي ترتكز على قاع المحيط، ثم تبدأ في الانبثاق فتكون بركانا يأخذ في النمو التدريجي تحت سطح الماء. وهناك جبال كاملة في أعماق البحار تكونت بهذه الطريقة نفسها.

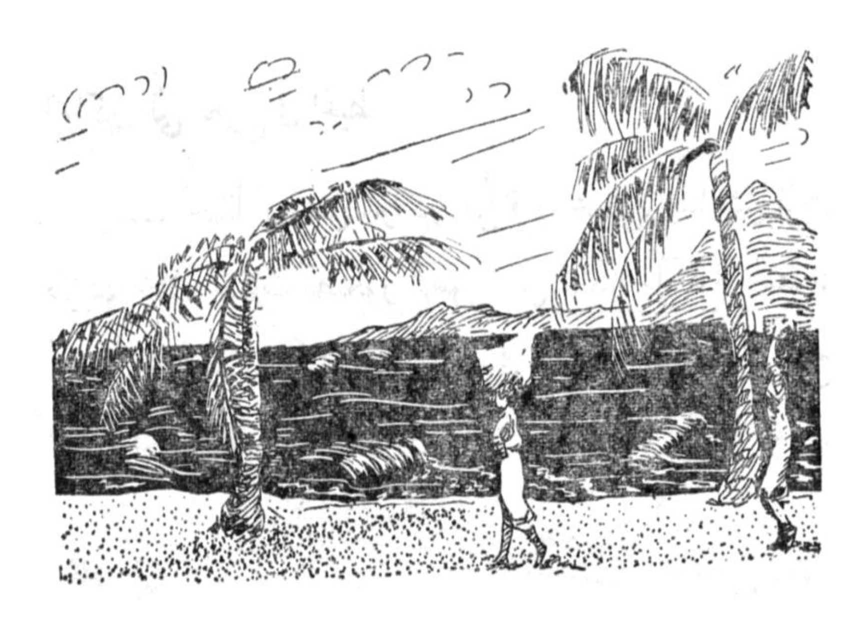


ويحدث أحيانا أن ينمو البركان حتى تعلو قمته فوق سطح المحيط، وقد تكونت الجزر البركانية بهذه الطريقة، أي من الماجما التي فاضت من بركان في قاع المحيط، ثم جمدت وتحولت إلى صخور نارية.

وقد تكونت جزائر هاواي(٩) بهذه الطريقة. واتسعت هذه الجزر في وقتنا الحاضر فأنشئت فيها المدن والقرى التي يسكنها عدد كبير من الناس، هذا على الرغم من أن بركان "ماونا لوا" لا يزال يثور بين آونة وأخرى. وقد أصبح هذا البركان أقل نشاطا فخمد قليلا، ولا يستبعد أن يخمد نهائيا بعد زمن قليل، ذلك حين ينعدم ذلك الضغط الذي يدفع الماجما في هذه المنطقة. وحينئذ سيصبح "ماونا لوا" جبلا هادئا شامخا تغطيه

(٩) في المحيط الهادي

الثلوج، أسوة بغيره من البراكين القديمة الهامدة.



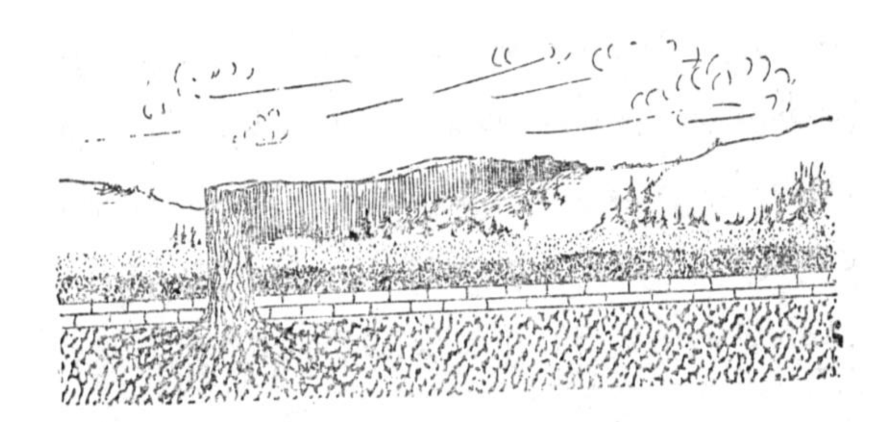
## براكين أخرى

قد لا يكون شكل البركان أحيانا لافتا للنظر، مثلما تلفت النظر تلك الجبال المخروطية أو جزر المحيط البركانية فيحدث أحيانا أن تنصب اللافا وتنبثق من شق طويل في القشرة الأرضية، بدلا من أن تتصاعد من فتحة واحدة، وعندئذ تنتشر وتغمر مساحة كبيرة، ويقول علماء طبقات الأرض إن هذا النوع من البراكين كان شائعا منذ ملايين السنين، فعلى السواحل الغربية في الولايات المتحدة، أي في ولايتي أوريجون وواشنطن يبلغ سمك طبقات اللافا القديمة ميلا على التقريب. وتبين لنا حوائط الوادي العميق – في الأماكن التي شقت فيها الأنهار طريقها وسط هذه الطبقات – أن

هذا الجزء من الأرض مكون من الماجما التي انبعثت من باطن الأرض وطفت على سطح قشرتها.

وقد تكونت تلك السياج الشهيرة على طول نهر هدسن[١٠]، حينما انبثقت اللافا من شق القشرة الأرضية فبدت على شكل حاجز أو حائط مرتفع.

ويخيل إليك أن البراكين دائما هدامة مدمرة بكل ما يصاحبها من غليان ملهب وأصوات مزعجة، ولكن الماجما حينما تنبثق من جوف الأرض تهب لنا أشياء كثيرة. وكثير مما على الأرض من خيرات وطيبات إنما هو من عمل البراكين.



## اندماج اللافا بالتربة

لقد كانت الحقول الغنية الخصبة في يوم من الأيام طبقات من اللافا

(١٠) في أمريكا الشمالية

الحارة الساخنة، فكأن البراكين قد ساعدت على تكوين هذه التربة الجيدة. ذلك لأن الماجما – وهي تنساب من بطن الأرض – قد جلبت معها عدد كبير من المواد المعدنية، وصاحبها كثير من الغازات والسوائل الثمينة. وهذه جميعا قد بردت وتحولت إلى صخور نارية، وهنا بدأت الرياح والأمطار عملها فتعاونت مع حرارة الصخر والطحالب وغيرها من الحشائش الخضراء في عملية تحات الصخور، وبهذه الطريقة أصبحت جزئيات اللافا الخصيبة بالتدريج جزءا من التربة، أي إنها في هذه الحالة تصبح طعاما للنبات يمتصه وقتما يشاء، فإذا ما أصبحت نباتا أمكن أن يستغلها الإنسان والحيوان والطيور، وطعم البطاطس الجيد المذاق في ولاية إيداهو بالولايات المتحدة الأمريكية مثلا هو طعم المعادن نفسها التي انبثقت من البراكين منذ ملايين السنين.

ويمكن القول بأن معظم أجزاء اليابس في هذا العالم قد رفعتها عجينة الماجما من جوف البحار والمحيطات، ثم تكدست بعضها فوق بعض فتكونت الجزائر والحقول والجبال بوساطة الماجما التي أخذت تنساب من البراكين.

## الأحجار الكريمة

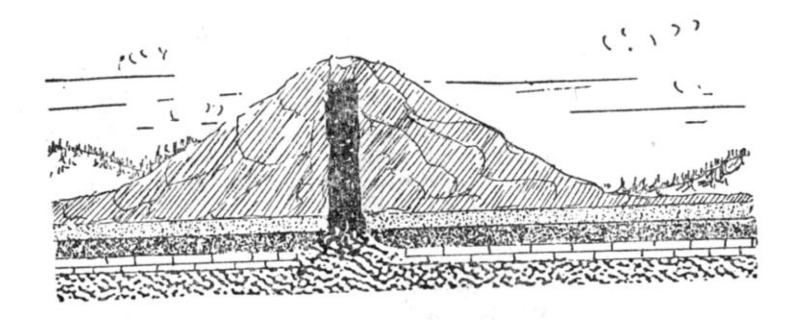
قد أنتجت بعض البراكين مجوهرات ثمينة، حين برد ذلك المركز الحار الملتهب، المكون من رماد وتراب فتحول إلى ما يشبه صندوق الكنز.



تزيد الماجما التي تنبثق من جوف الأرض، نكهة الطعام (الغذاء) الذي تأكله

وقد حدث أحيانا أن تكون الألماس في تلك الماجما النارية كما يتكون السناج على جدران المدفأة، وقد بدأ هذا الألماس يتكون في طبقات الأرض البعيدة الغور، أي في تلك الصخور والمعادن المنصهرة التي ارتفعت من جوف البركان في شكل بخار أو رماد. فلما بردت، جمدت هذه المواد فأصبحت عمودا يمتلئ بالحجارة الكريمة، ثم حدث بعد ذلك أن أودت حركات أخرى من حركة الماجما بهذا اللهب البركاني فخسفت به إلى باطن الأرض وهبط إلى جوفها، فبقى هناك أجيالا، إلى أن استخرجت هذه الأحجار من مرقدها في شكل مسحوق معدني أزرق أو أصفر.

وبعد أن تقطع هذه الأحجار ثم تصقل، تراها تبرق كأنها نار حبستها الثلوج، وقد أخذت كل منها تعكس لك بريقها الخاص بها سواء أكان أزرق أم أخضر أم أصفر أم برتقاليا أم أبيض مشربا بزرقة.



## المعادن الثمينة

وفي أثناء عملية التبريد، تركت الماجما رواسب من الذهب والفضة وغيرهما من المعادن في شقوق الصخور، وهذه المعادن التي انبثقت وهي تغلي من باطن الأرض، قد بردت ثم جمدت فوق طبقات الصخور.

وهنا، تترسب كأنها شرايين في قلب المناجم فنستطيع نحن أن نصل إلى تلك الكنوز التي قذفت بها البراكين من بطن الأرض.

## الصخور النارية على اختلاف أنواعها

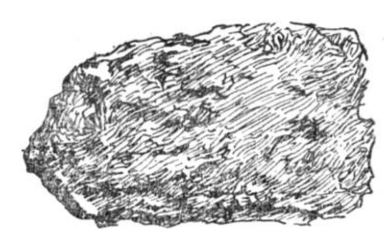
لا تتحول كل الماجما الباردة إلى ألماس أو غيره من المعادن الثمينة أو الأحجار الكريمة، ولكنها – كلها – تبرد وتجمد، وتسمى كل ماجما باردة صخرا ناريا، لأن كلمة ناري معناها صخر كونته النار، أما نوع الصخر الذي يتكون فإنه يتوقف على نوع الماجما الذي يكونه وأما شكله وصفاته

الظاهرة فتتوقف على مادة ما "طبخ" فيه، كما يتوقف على الزمن الذي استغرقه ليبرد.

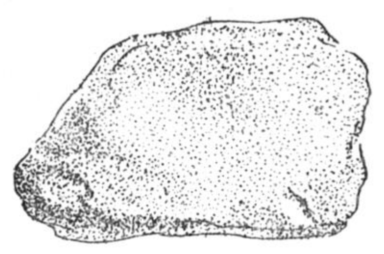
فلو أنك صنعت "جيلاتي" أو ما شابهها من المثلجات، لأدركت أنها تزداد نعومة عندما تبرد سريعا، ذلك لأن الحبات (الحبيبات) الخشنة وبلورات السكر لا يكون لديها من الوقت ما يسمح لها أن تتكون وتتشكل في المخلوط الذي يبرد بسرعة، أما إذا برد المخلوط ببطء، فإن هذه الحبيبات تنفصل ويكون لديها وقت تتشكل فيه فتكون جزيئات أكبر.

ويصدق هذا الكلام على الصخر الناري، فإنك عندما تشاهد صخرا حباته ناعمة ملساء، تستطيع أن تحكم أنه قد برد بسرعة، أما الصخر الناري ذو الحبات الخشنة نوعا فقد برد في زمن أطول وأكثر بطئا.

وتختلف ألوان الصخور النارية من صخر إلى صخر، كل بحسب الجزيئات التي طبخت فيه، فأحيانا يكون أحمر أو أزرق أو بني اللون أو أصفر، وقد تنتشر على سطحه بقع أو نقط معتمة أو لامعة. وقد تشتمل أحيانا على جزيئات من الكوارتز الذي يشبه الزجاج أو من قطع الميكا اللامعة التي تشبه المرايا. وقد تتكون أحيانا ببقع من الذهب أو الفضة أو بحجارة كريمة كثيرة الألوان كأنها قوس قزح، أو بحبيبات من الرماد الأسود، وتستخدم أبدع أنواع هذه الحجارة وأجملها لونا في صناعة المجوهرات.



صخر برد ببطء



صخر برد بسرعة

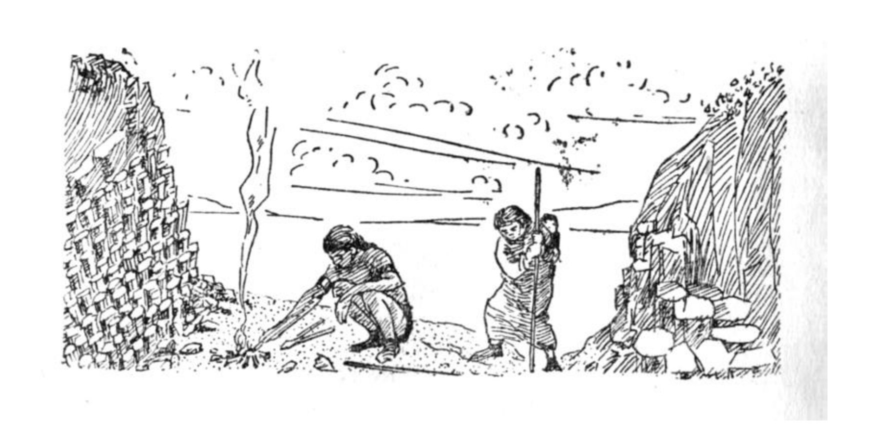
ولعل الجرانيت من أكثر أنواع هذه الحجارة انتشارا وفائدة، ورغم أنه لا يعتبر حجرا ثمينا – كالألماس مثلا – إلا أنه يعتبر في نظر العالم كله أكثر منه فائدة، فالجرانيت صخر صلد يغالب الدهر، إذا استخدم في المباني تحمل تقلبات الجو وعوامل التعرية والتحات دون أن يتفتت.

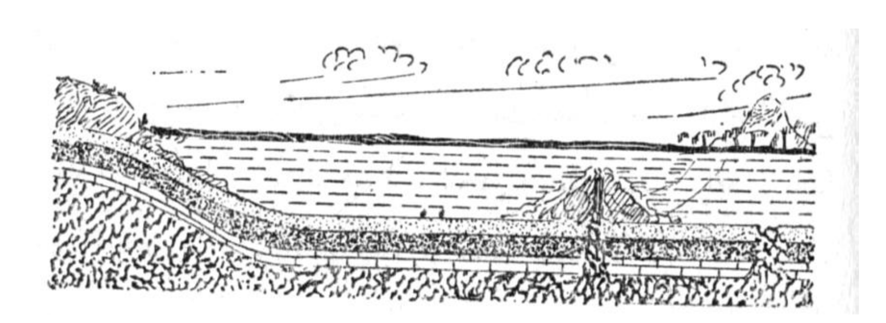
وإذا استخدم في نحت التماثيل أو النصب التذكارية فإنه يصقل جيدا، ويصير أملس ناعما، جميل الشكل غالبا بدرجة واضحة، بسبب ما يتخلله من خطوط وبقع مختلفة الألوان، وإذا بقى في الأرض أثرت فيه التقلبات الجوية تأثرا بطيئا وخرجت منه معادن هامة جدا تكون سببا في خصوبة التربة.

وهناك نوع آخر من هذه الصخور النارية يسمى أوبسيديان أو الصخر الزجاجي الأسود. وهو ناعم أملس، رائق كأنه زجاج داكن صاف، وغالبا ما يكون أسود اللون، ولكنه قد يكون أحيانا أحمر أو أخضر قاتما، وقد كان الناس في قديم الزمان يستخدمون الأوبسيديان في صناعة السكاكين أو رءوس الحراب الحادة القاطعة، وهناك كتل ضخمة من جبل

الأوبسيديان في المنطقة الهندية في غرب الولايات المتحدة الأمريكية.

فالجرانيت والألماس والفضة والذهب والأوبسيديان والرصاص، وكل المعادن التي نحتاج إليها لتفيد التربة، وكذلك الصخور والسدود والتلال والجبال –كل هذه وغيرها من الكنوز قد قذف بها إلينا من باطن الأرض.



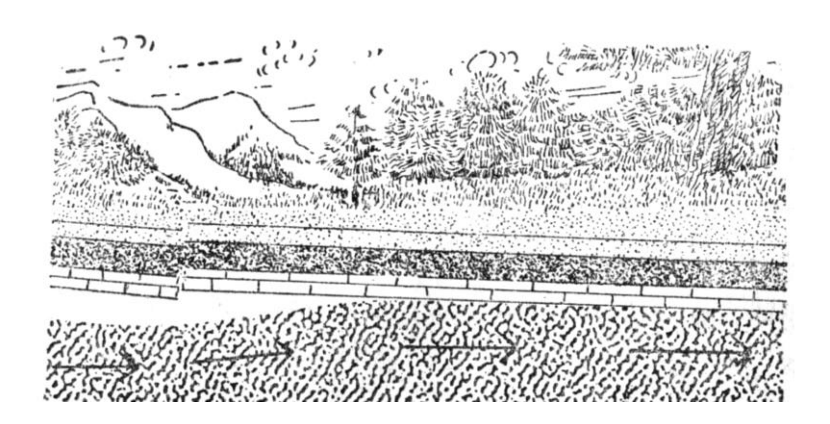


ظاهر الأرض وباطنها

لقد رأيت كيف تستطيع الماجما أن تشق طريقها من بطن الأرض فتعلو سطحها، وكيف أنها ترفع التلال، وكيف تنبثق من جوف البراكين، وكيف

تكون الجزائر، وكيف تتراكم بسببها الصخور، وأخيرا كيف تغير كمن شكل سطح الأرض بمختلف الطرق والوسائل.

وهناك أنواع أخرى من التغيرات التي تسببها الماجما بجريانها وانسيابها. فيحدث أحيانا أن تسبب الماجما في أثناء جريانها أن تترك الأرض التي

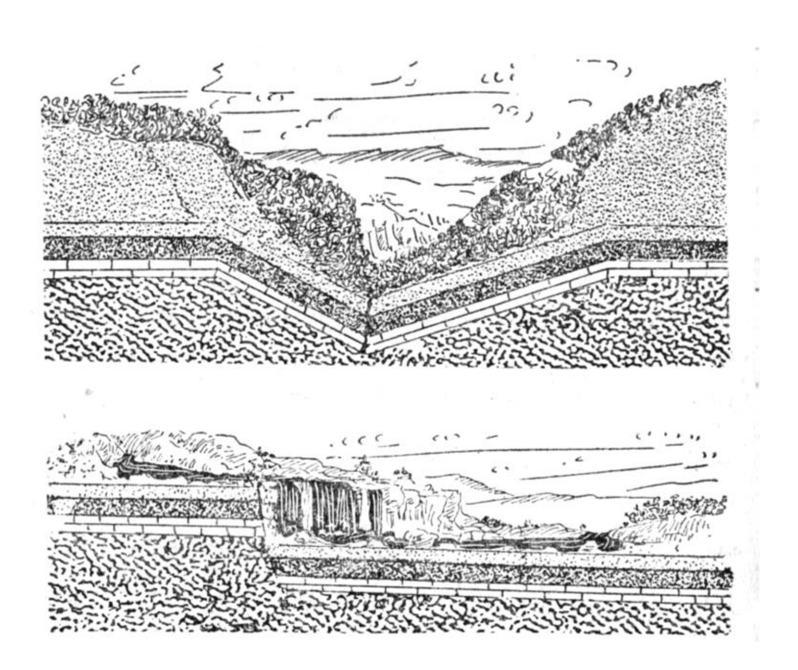


فوقها بدون سند من تحتها، فعندما تتحول الماجما من مكانها وتحدث به تغييرا، يغير سطح الأرض مكانه تبعا لذلك أيضا. وعندما تزاح الأرض فجأة من مكانها إلى مكان جديد، تتحطم وتهبط بصوت مرتفع، وهذا هو ما يعبر عنه بالزلزال. والزلازل بعضها بسيط لا نكاد نشعر به، فهو اهتزاز خفيف، وبعضها الآخر ضخم عنيف، يهز الجبال وينقل الصخور إلى أوضاع جديدة، وتستطيع الزلازل أن تغير مجاري الأنهار، وأن تفرغ ماء بحيرة، وأن تكون موجة ضخمة عاتية تكتسح اليابس على غرة، وتسمى هذه الموجة المد والجزر، وأما إذا حدث الزلزال تحت مدينة مثلا، فإنه يستطيع أن يقلب مبانيها رأسا على عقب تماما، كما يكدس الأرض أكواما بعضها فوق بعض.

**ولا تحدث هذه الحركات الفجائية الضخمة العاتية في القشرة الأرضية إلا نادرا لحسن الحظ، كما أنها لا تحدث إلا في مناطق قليلة محدودة في العالم.**

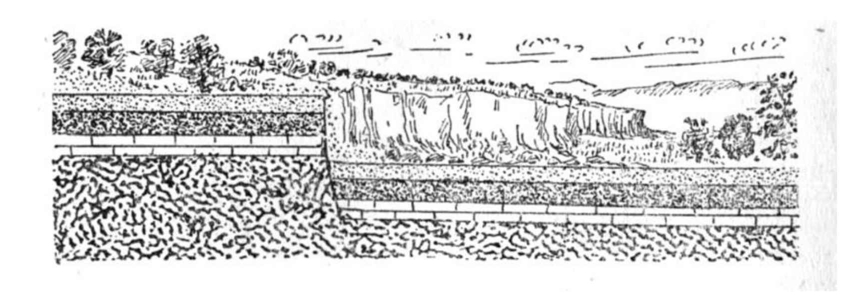
## عيب

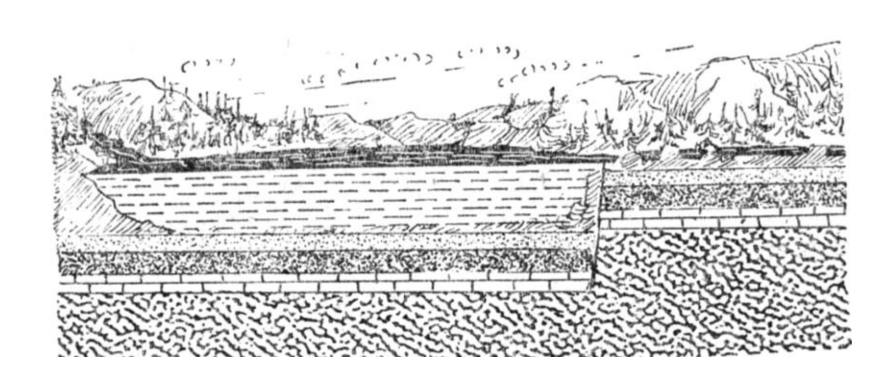
**عندما تنهار القشرة الأرضية نتيجة لزلزال، ثم تنتقل إلى وضع جديد يتخلف عن هذه العملية شق يسمى "عيبا" في القشرة الأرضية، وتستقر الأرض على جانبي هذا العيب ويتغير مستواها فيصبح أرضا شديدة الانحدار، أو قد تستقر الأرض مستوية تماما بعد أن تهبط في هذا الشق،**



**وبذلك يتكون جرف شديد الانحدار، فإذا كان هناك نهر يجري على طول هذه الأرض، تغير مظهره بالتالي، ذلك لأن الماء في مثل هذه الحالة يصب**

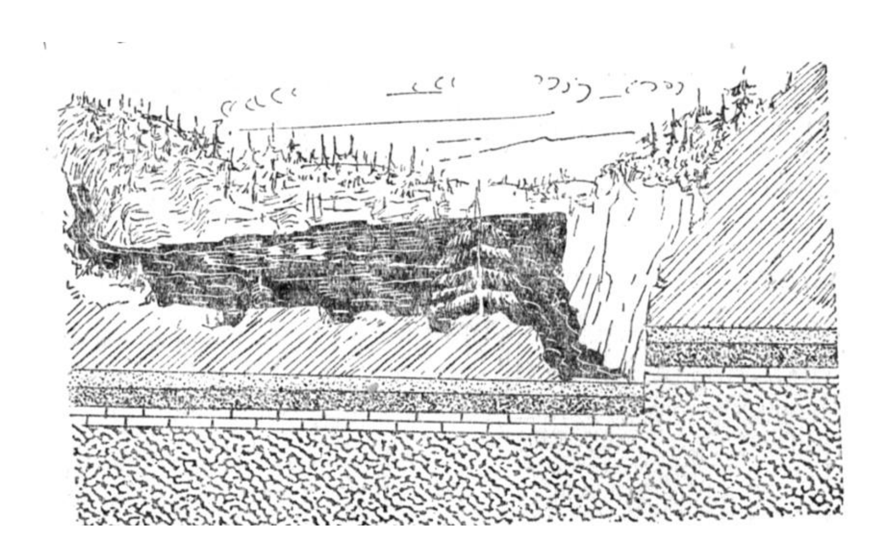
من أرض مرتفعة إلى أرض منخفضة مكونا الشلال، وقد تكونت شلالات كثيرة بهذه الطريقة، نتيجة لتغير مكان القشرة الأرضية.



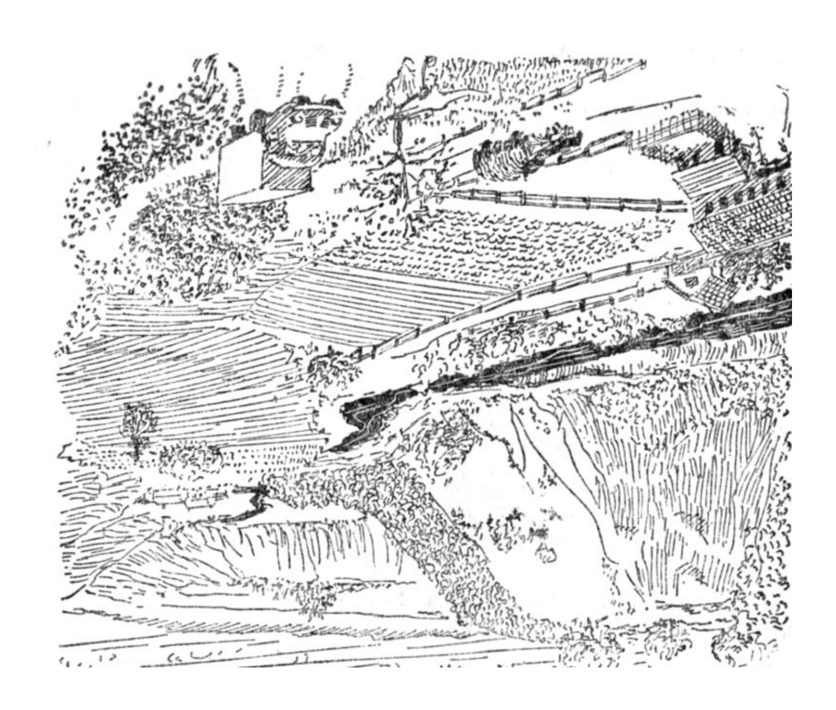


ثم افترض الآن أن حدث اهتزاز في تلك الأرض التي تنحدر انحدارا تدريجيا بحيث هبط منها الجزء المرتفع وأصبح هو الجزء المنخفض، إن النهر لا يستطيع بطبيعة الحال أن يقفز جيدا من مكانه المنخفض، بل إنه يستمر في جريانه فيعلو مستوى الماء فيه حتى يكون بحيرة، وهذه البحيرة تمتلئ بالتدريج ويعلو سطح الماء فيها قليلا قليلا حتى يغمر الأرض من خلفه. فإذا علا سطح الماء في هذه البحيرة فاض، ثم أخذ يجري في هذا الطريق الجديد، أما إذا كان الجرف مرتفعا بدرجة كبيرة، فإن النهر في هذه الحالة

يبحث له عن طريق آخر أسفل التل، فينشئ نهرا في مكان لم يكن فيه نهر من قبل.



ولقد حدث كثير من هذه التغيرات الأرضية الكبيرة بسبب تلك الحركات الفجائية التي تحدثها الزلازل في القشرة الأرضية، وتتكون الجبال (الخاطئة) عندما تسبب الحركة كيلا فجائيا وانحرافا في طبقات الصخور، كما يتكون الجرف والشلالات والبحيرات كذلك عندما تغير القشرة الأرضية من وضعها ومكانها، وكل هذه الحركات للماجما لا تزال مستمرة، كذلك ترى أن الإزاحة الفجائية والضغط البطيء يتعاونان على بناء كل سلاسل الجبال في العالم، وعلى بناء جبال أخرى وأودية في بقاع كثيرة من العالم.



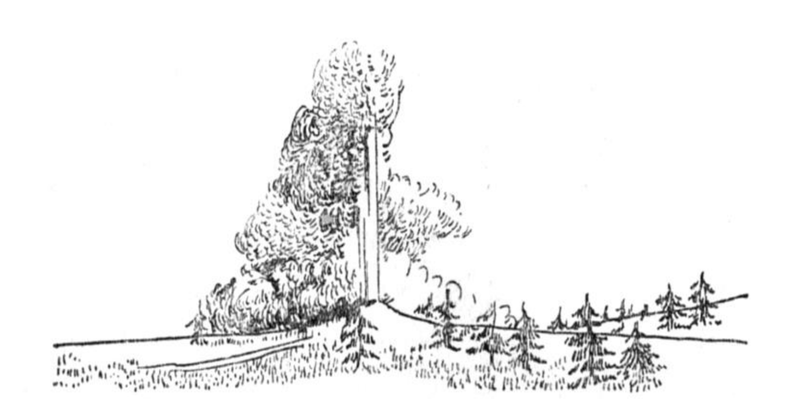
## الماجما والماء يلتقيان

يحدث أحيانا أن الماجما – أثناء اندفاعها من بطن الأرض – تقابل ماء جوفيا، وحينئذ تثبت المياه وجودها بطريقة مثيرة غريبة عندما يندفع البخار خارجا من الأرض.

وهناك مثل لهذه الظاهرة في بلوستون ناشونال بارك في ولاية وايومنج (بالولايات المتحدة الأمريكية) حيث يوجد عدد كبير من متفجرات البخار التي تسمى فوارات الماء الحار، وفي ذلك المكان نجد الفوارة الشهيرة (أولد فيثفل)[١١]، التي ينبثق منها البخار الناتج من الماء الساخن وبخار جوف الأرض فيعلو في الهواء بطريقة ثابتة منتظمة تستغرق بضع دقائق في كل

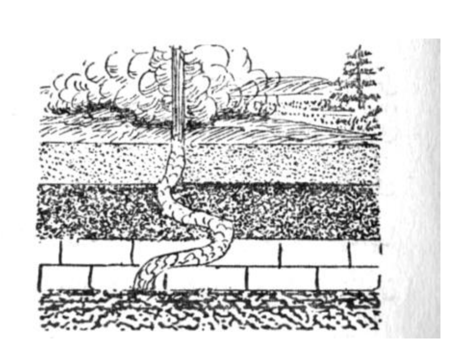
(١١) Old Faithful

ساعة من الزمن.



ينبثق البخار فيعلو في الجو، كما يحدث في نافورات أولد فيثقل مرة كل ساعة

وإذا كان لديك في بيتك مرشح (أو مصفاة)، مرشح زجاجي بصفة خاصة، أمكنك أن ترى فوارة مصغرة، ذلك لأن البخار المتصاعد من الماء المغلي يدفع الماء إلى أعلى خلال الأنبوبة الضيقة، وهنا يغلي فوق حبات البن ثم يسيل ويتقطر إلى أسفل، إنه يغلي ويتصاعد خلال الأنبوبة ثم يتقطر وينزل فوق حبات البن مرارا وتكرارا.

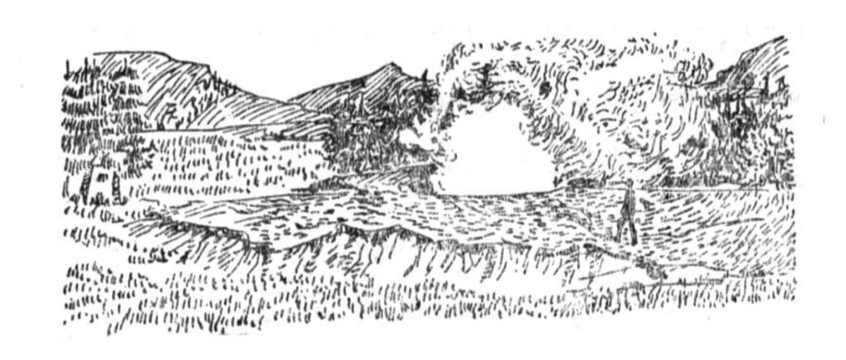




ويجزم الجيولوجيون أن سبب حدوث الفوارات هو تقابل الماجما مع المياه الجوفية، ذلك لأن المياه الجوفية – حين تصب فوق الماجما الساخنة الحارة – سرعان ما تغلي فتتحول إلى بخار، ويتجمع هذا البخار في ممر الفوارة الملتوي الذي يمر خلال فتحات الصخور تحت الأرض، فإذا ما أصبح لهذا البخار ضغط يمكنه من الاندفاع إلى أعلى، شق طريقه إلى السطح،/ ويبلغ ارتفاع الفوارات ١٥٠ قدما في الهواء.

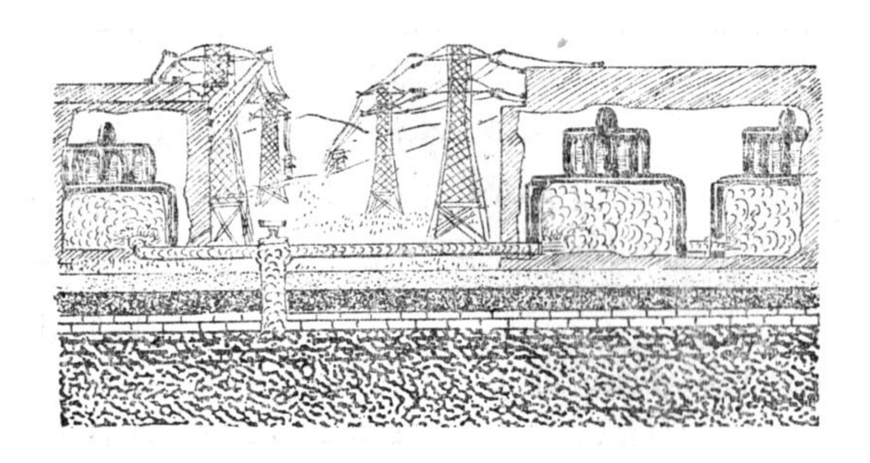
## آبار البخار

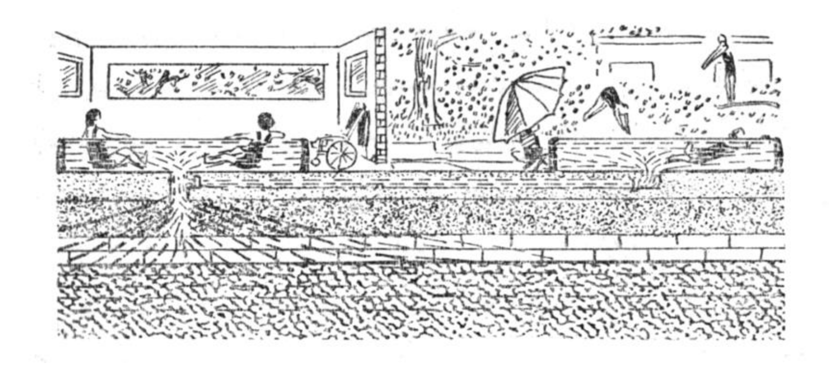
يحدث أحيانا ألا يتجمع البخار، بل إنه ينبثق في مجرى ثابت كالبخار الذي ينبعث من غلاية الشاي.



كما يحدث في بعض الأماكن أن يخرج البخار بكميات كبيرة يمكن الاستفادة منها، ففي إيطاليا – مثلا – توجد فوارة يوزع البخار الذي يندفع منها بوساطة أنابيب على عدد كبير من محطات توليد القوى الكهربائية. وهناك يستغل هذا البخار في إدارة آلات بخارية مهمتها تشغيل مولدات الكهرباء. وهذه المولدات بدورها تمد عددا كبيرا من المدن القريبة

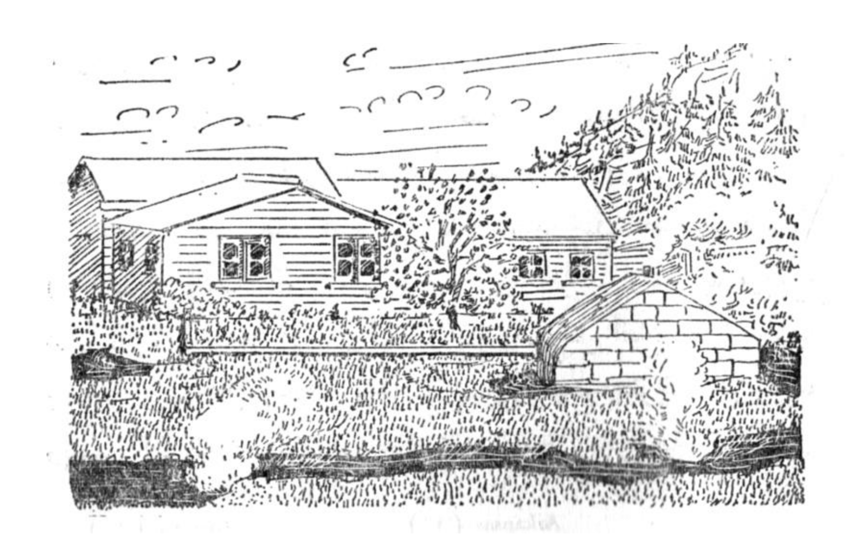
بالتيار الكهربائي. وفي كاليفورنيا – بالولايات المتحدة – وبالقرب من مدينة سان فرانسيسكو يوجد عدد من هذه الآبار البخارية.





## الينابيع الساخنة

يحدث أحيانا أن تكون كمية المياه التي تصب فوق الماجما الحارة كبيرة جدا لدرجة يتعذر معها تحول المياه كلها إلى بخار. ولذا يسخن الماء، ثم يستمر في جريانه حتى يصل إلى حفرة في القشرة الأرضية.



ويذيب الماء الساخن غالبا أثناء جريانه كثيرا من معادن الصخور التي يمر بها، وعندما يصل إلى السطح يكون قد امتلأ بالمعادن المذابة. والينابيع الساخنة في ولاية جورجيا[١٢] والينابيع الحارة في أركنساس[١٣] – بالولايات المتحدة الأمريكية – هما مثالان من أمثلة عديدة لمنابع الصحة والمتعة التي تثبت لنا فائدة تقابل الماجما بالمياه الجوفية.

وفي أيسلندا، توجد ينابيع حارة تستخدم في تزويد عدد كبير من المنازل والمباني العامة بالمياه الساخنة.

## الصخور المتحولة

لا يزال هناك نوع آخر من التغيرات التي تحدث في القشرة الأرضية نتيجة لأثر الماجما. فالماجما مادة ساخنة جدا، وتزيد حرارتها على الحرارة

---

(١٢) **Georgia**

(١٣) **Arkansas**

الداخلية في فرن أو موقد. فعندما تشق هذه الماجما طريقها بين طبقات الصخور الرسوبية أو فوقها، فإنها تحرق الصخور وتحدث بها تغيرات كبيرة، وتسمى هذه الصخور التي حدثت بها هذه التغيرات "صخورا متحولة"، وكلمة "متحولة" معناها "متغيرة في شكلها".

ويحدث نفس هذا النوع من التغير عندما يحرق الصلصال فيتحول إلى فخار، فالصلصال – وهو مادة رسوبية – يجمد ويتصلب ويصبح شبيها بالزجاج عندما يحرق في فرن أو قمين، وكل أنواع الآنية الخزفية والفخار والصلصال والخزف الصيني تصنع بطريقة الخبز هذه وبنفس الطريقة تخبز الماجما الحارة تلك الصخور الرسوبية التي تجري خلالها أو فوقها. وهنا يتصلب الصخر الساخن ويجمد ويبدو كالزجاج في مظهره.

## الصخور المحترقة

لعلك رأيت أبنية صنعت كلها أو بعضها من الرخام، وأمثلة هذه المباني المصارف المالية ومكاتب البريد والمتاحف والمدارس التي تصنع ممراتها وطرقاتها من الرخام. والرخام هو أحد الصخور المتحولة التي بدأت أولى مراحل حياتها في شكل هياكل عظيمة لحيوانات وقواقع بحرية ضغطت في قاع البحر أو المحيط، فتحولت إلى صخور جيرية. ثم ضغطت الماجما على هذه الصخور الجيرية الرسوبية وسخنتها وبتأثير الضغط والحرارة تحول الصخر الجيري إلى رخام مختلف الألوان أو أبيض صاف، ويتوقف اللون الذي يتكون منه الرخام على لون المواد الرسوبية التي تكون منها أصلا. فالأصداف البحرية السوداء أو الحمراء أو الصفراء تضفي على الرخام

ألوانها المختلفة البديعة.

وبعد أن مضى على تكون الرخام زمن بعيد رفعته قوى هائلة، هي ضغط الماجما الصاعدة، أو ثقل المواد الرسوبية بوزنها الهائل على جزء آخر من أجزاء البحر. فقاع البحر الذي يغطيه الرخام قد أصبح جبالاً من الرخام. وبعد ذلك بملايين السنين قطع بعض هذا الرخام من المحاجر، ثم صقل فتحول إلى كتل من الصخر البراق اللامع – من الصخور المتحولة التي يرجع الفضل في تكوينها إلى ضغط الماجما وحرارتها.



## الماجما، أكبر العوامل التي تغير القشرة الأرضية

إنك تدرك الآن أن هناك حركة دائبة ومجرى مستديما ثابتا يخرج من باطن الأرض إلى خارجها. فالبخار والماء الساخن ينبثقان من الفوارات

والينابيع الحارة.

والماجما تنساب خلال الصخور الرسوبية، فإذا احترقت هذه الصخور الرسوبية أصبحت صخورا متحولة، والماجما تدفع القشرة الأرضية من أسفل إلى أعلى فتكون التلال. كما تنبثق بكميات هائلة خلال البراكين على اختلاف أنواعها، وهي التي تزيح الصخور، وتحدث بها ميلا وانحرافا تسبب نتوءات وقمما في الجبال. وهي التي تخفض المرتفعات، وترفع المنخفضات. وكل هذه العمليات مستمرة منذ مئات الملايين من السنين، عاملة على تغيير سطح الأرض تغييرا دائما طوال الوقت.

# الجزء الرابع

## الإنسان والأرض

## قصة الأرض

تستطيع أن تقرأ قصة الأرض في كل مكان، ذلك لأن كل ما عليها يحكي فصلا من هذه القصة. ولقد تعلمت الآن كيف تقرأ بعض فصول هذه القصة. فإنك عندما تلتقط حصاة أو ترقب قطرات من المطر وهي تتساقط من السماء، أو عندما تقيم معسكرا فوق الجبال أو تسبح في غدير، فإنك في كل حالة من هذه الحالات تشاهد مظهرا من مظاهر تغير القشرة الأرضية.

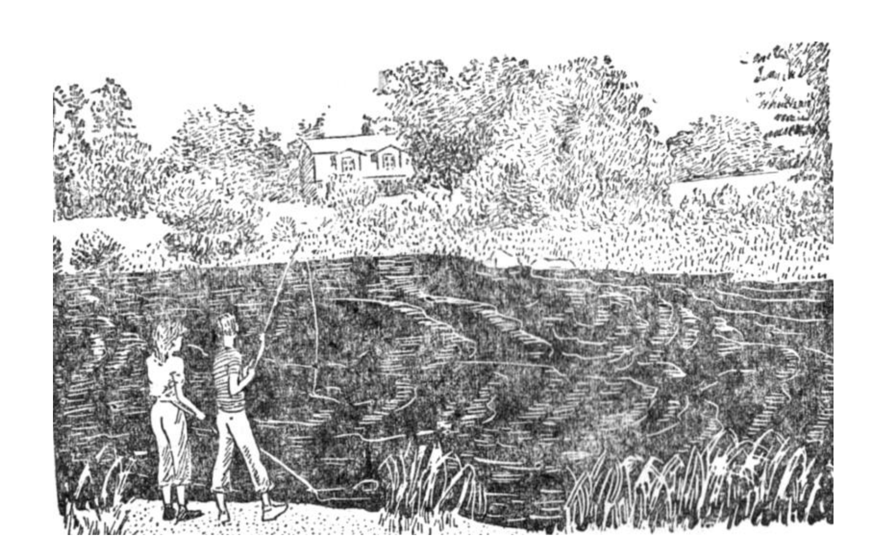
فأنت تدرك مثلا أن قطرة المطر هي حلقة من سلسلة لا تنتهي لدورة الماء، فقطرة الماء لا تستمر كذلك إلا لفترة قصيرة من الزمن، فقد كانت جزءا من سحابة، وقطرة من بحر، ثم انسابت في جدول من جداول الجبال وتسربت في أعماق الأرض. وقطرة الماء هذه تقطع هذه الرحلات إلى أماكن قصيه من الأرض بصفة دائمة لا تنقطع.

أما الحصاة فإنها هي الأخرى قد رحلت رحلات طويلة، فمنذ أجيال كانت هذه الحصاة قطرة من قطرات الماجما، أي من تلك الصخور المنصهرة التي انبثقت من بطن الأرض وخرجت إلى سطحها.

وربما كانت هذه الحصاة جزءا من مكونات جبل من الجبال تكون من الماجما بعد أن بردت، ثم حدث أن تفتت مع غيرها من جسم هذا الجبل بتأثير مياه نهر من الأنهار جرفتها معها في طريقها. أو لعل هذه الحصاة قد قطعت آلاف الأميال مع نهر جليدي بطئ الحركة، ثم ذاب هذا النهر فتركها حيث هي لكي تلتقطها أنت فكأن هذه الحصاة قد رحلت إلى

أماكن متعددة، وكانت جزءا من أشياء كثيرة.

وأنت حين تخرج للنزهة في الريف تستطيع أن تشاهد قصة الأرض في كل ما حولك من أشياء، فالنهر الموحل يحكي لك شيئا عن التربة التي حملها معه من منابعه العليا. أما السطوح المستوية في صخر فإنها تخبرك أن هذا الصخر قد تكون في قاع البحر، كما أن الطبقات الملتوية التي تشاهدها في تل مستدير تنبئك أن التل قد دفعه ضغط الماجما، فرفعه من أسفل إلى أعلى. أو قد يكون التل قد تكون نتيجة لما حدث في القشرة الأرضية من ميل أو التواء. حتى التربة التي تملأ بها يدك فيها بعض فتات من جبال وبقايا من حيوانات البحر وأوراق الأشجار التي تخلفت من عام سابق والمعادن التي خلفتها نباتات كانت تعيش منذ ملايين السنين.



وفي المدينة أيضا تستطيع أن تقرأ قصة الأرض في كل ما حولك؛

فالإسمنت الذي تشاهده على أرصفة الشوارع، والطوب الذي تبني به المدخنة، والملاط الذي تغطي به الجدران .. كل هذه تأتي من الصخور التي قطعت وصحنت بوساطة الهواء وبالحرارة والبرودة، والخشب الذي تعمل منه أرض الحجرات ويصنع منه الأثاث، وقد وصل إليك من أشجار امتصت معادنها من التربة التي تكونت من الصخور، والنحاس والحديد اللذان نستخدمهما في صناعة الأسلاك والأنابيب كانا في يوم من الأيام ماجما انسابت إلى سطح الأرض من باطنها.

وأنت نفسك أيها القارئ الكريم جزء من قصة الأرض. ففي دمك حديد من نباتات امتصته من التربة. وأسنانك وعظامك كانت في يوم من الأيام شعبا مرجانية في البحر أو من حيوانات بحرية لطيفة جميلة وصغيرة. والماء الذي تشربه كان في يوم من الأيام في السحاب يحلق فوق قمم الجبال في آسيا أو كان في مساقط المياه الجميلة في أفريقية.

والهواء الذي تستنشقه قد هب فوق أماكن على سطح الأرض لم يرها إنسان. فكل جزء من أجزاء جسمك هو قطعة من الأرض قامت برحلات بديعة عجيبة لا حصر لها، استغرقت ملايين السنين.

إن قصة الأرض واضحة في كل شيء وفي كل مكان.

# الفهرس